الألف كتاب (١٨٠)

مع النجوم في تطورها

تأليف

سيسليا بين جابوشكين

جامعة هارفارد

ترجمة

الدكتور صلاح الدين حامد

قسم الفلك — كلية العلوم

جامعة القاهرة

مراجعة

الأستاذ الدكتور احمد حماد

رئيس قسم الرياضة التطبيقية

كلية العلوم — جامعة القاهرة

الناشر مركز كتب الشرق الاوسط

٤٥ شارع قصر النيل

دار الطباعة الحديثة

هذه ترجمة لكتاب

Stars in the making

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة المترجم

ماهو أصل الكون ؟؟ . . . . كيف نشأت النجوم ؟ . . . . ماهو عمر نجم كشمسنا ؟ . . . .

وماهو عمر ذرات العناصر التي يتكون منها الكون ؟ . . . . ماذا سيكون من أمر هذه النجوم التي تزين السماء بعد بلايين السنين ؟ . . . .

هذه الأسئلة قد تبدو لأول وهلة ألغازاً مستعصية لايستطاع الإجابة عنها أو مجرد التفكير فيها !! . . . .

وحال من يطلب اليه الإجابة على تلك الأسئلة لايختلف كثيراً عن حال من يطلب منه أن يخبرنا عن تطور الأحياء وأصلها وماينتظر لها فى المستقبل القريب والبعيد ... ، وكان كل ما فى متناول يده صورة أخذت على حين غرة لعدد من الأحياء فى مكان ما !! . . .. إذ أن الفلكى لايملك غير صورة السماء بما فيها من أجسام مختلفة !!... وهذه الصورة وإن كان قد لاحظها منذ آلاف السنين وابتدأ دراستها بشىء من الدقة منذ عشرات السنين إلا أنها تبدو وكأنها ساكنة ولاتغير فيها يذكر . . . .

ولكن الفلكيين قوم ذوو جرأة غريبة ولهم من رحابة الأفق مايتناسب مع رحابة الكون الذى يدرسونه وهم أهل تسامح ومرونة !... وهم فى ذلك مضطرون ، إذ أن موضوع تطور الكون ونشأته ونهايته من الموضوعات الصعبة العويصة والمعلومات التى يبنون عليها آراءهم ليست من النضج الكافى حتى يكون هناك القول الفصل...

إن الفاكهة لم تنضج بعد ولكنها شديدة الإغراء وتبدو أنها حلوة المذاق حتى أنها دفعت كثيراً من الفلكيين إلى تذوقها ومحاولة هضمها .... والحق يقال أن بعضهم قد أصيب بعسر الهضم . . . . !!

وهذا الكتاب هو محاوله من تلك المحاولات .... وأظن أنها محاولة ناجحة.... كتبته إحدى دعامات الفلك فى العصر الحاضر المسز سيسيليابين جابوشكين ، التى تخرجت فى جامعات بريطانيا سنة ١٩٢٢ ثم نزحت إلى أمريكا حيث حصلت على درجة الدكتوراه من جامعة هارفارد سنة ١٩٢٥ ومنذ ذلك الوقت وهى تواصل أبحاثها فى العلوم الفلكية المختلفة وقد قضت معظم وقتها فى جامعة هارفارد وتعتبر من ضمن الثقات العالميين ومرجعاً هاما فى موضوع النجوم المتغيرة والنجوم الخاصة وأجواء النجوم . . . وهى متزوجة من فلكى من أصل روسى يدعى سيرجى جابوشكين ، الذى يعتبر حجة فى النجوم الكسوفية وهى النجوم التى تمدنا بمعلومات مباشرة عن حجم النجوم ووزنها ودرجات حرارتها وكذلك عن تكوينها الداخلى . . وأظن أن من أهم أعمال الزوجين هو ذلك المشروع العظيم الذى قاما به منذ سنين مضت وهو قياس أضواء النجوم فى جهات متعددة فى السماء ، وتعتبر هذه القياسات مرجعاً هاما يرجع إليه مختلف الفلكيين فى جميع أنحاء العالم حينما يريدون تقدير ضوء نجم ما .

وللمؤلفة ماينيف على خمسمائة بحث علمى وحصلت على درجات فخرية من جامعات متعددة فى الولايات المتحدة وأوروبا وقامت بتأليف كتب عديدة فى الفلك تعتبر للمتخصصين من ضمن المراجع الهامة التى لا يمكن الاستغناء عنها .

وسيلاحظ القارىء أن المؤلفة قد نهجت فى تناولها لهذه الموضوعات العويصة أسلوبا سهلا لا يستعصى فهمه على القارىء اليقظ ، كما أن المتخصصين فى علم الفلك سيجدون فى هذا الكتاب منهلا لأفكارها الجريئة ونقدا لأفكار

أخرى وعرضاً شائقاً ممتازاً لموضوعات لم تعالج من قبل بمثل هذه البراعة والدقة والوضوح وأخص بالذكر منها موضوع تبيان خصائص الجمهرتين الأولى والثانية فى النجوم وكذلك موضوع أعمار الأشياء والتطور الموقوف للمجرات .

وأود بهذه المناسبة أن أشكر أستاذى الدكتور أحمد حماد على المجهود الكبير الذى بذله فى مراجعة هذا الكتاب وعلى مراجعته النهائية لأصل الترجمة وعلى توجيهاته العديدة أثناء الترجمة .

صلاح حامد

مقدمة المراجع

شرعت وزارة التربية والتعليم فى ترجمة أمهات الكتب فى العلم والأدب إلى اللغة العربية فى مشروع أسمته (مشروع الألف كتاب) تبتغى بذلك تزويد المجتمع العربى بروائع الفكر وشتى أنواع الثقافات ، وهذا الهدف فى حد ذاته كاف لبقاء هذا المشروع العظيم .

على أن هناك هدفا آخر لهذا المشروع لايقل عن ذلك أهمية ، وهو جعل اللغة العربية أداة تعبير علمى ، وليست فقط لغة شعر ونثر. فقد ساد الاعتقاد منذ مدة بأن اللغة العربية عاجزة عن أداء تلك الوظيفة التى تضمن لها البقاء وكان لهذا الاعتقاد آثار بعيدة المدى فظلت الدراسة فى الجامعات والمعاهد حتى عهد قريب تجرى باللغات الأجنبية . وبذلك استمر اعتمادنا على الأجانب فى دراستنا العلمية ولم تزود المكتبة العربية بمراجع علمية مما جعل لنا صفة التابع ، حتى فيما يختص بمشاريعنا الفنية الحيوية اللازمة لتقدمنا .

ولم تبذل حتى عهد قريب محاولة جدية لإصلاح هذا الحال بالرغم من أن قانون الجامعات ينص صراحة على أن تكون العربية لغة الدراسة فيها ، على أننا يجب أن نشير إلى محاولات فردية قام بها بعض رجال النهضة العلمية لتدعيم المكتبة العربية كان لها أثر طيب، نذكر منهم المغفور له الدكتور على مصطفى مشرفه وكيل جامعة القاهرة الأسبق وأستاذ الرياضة التطبيقية بها ، والدكتور احمد زكى مدير جامعة القاهرة الأسبق وأستاذ الكيمياء بها ، والأستاذ مصطفى نظيف مدير جامعة عين شمس السابق ، وأستاذ الطبيعيات المعروف . فقد تنبهوا إلى خطورة الحال فوضعوا أسس التدريس باللغة العربية فى الأقسام العلمية التى أشرفوا عليها . وقد آتت مجهوداتهم ثمارها

فأخذت الدراسة باللغة العربيـة تزحف إلى باقى أقسام الكليات العلميـة ، كما وضعت الأسس لتعريب المصطلحات العلمية .

وقد توجت هذه المجهودات بذلك المشروع الهام الذى سبقت الإشارة إليه ، وهو مشروع الألف كتاب وأخذت ثمار هـــذا المشروع فى الظهور وأخذت اللغه العربية فى أداء وظيفتها وأصبحت حقاً لغـة تعبير علمى .

والكتاب الحالى واحد من كتب هذا المشروع وهو يعالج مسألة المسائل بالنسبة للإنسان ، وهى المسألة الخاصة بمنشأ الكون وأصله ، والتغييرات التى حدثت فيه وماينتظر أن يقع فيه من تطورات .

والواقع أننا لن نعدو الحقيقة إذا ذكرنا أنه ما من عالم اشتغل فى علم الفلك إلا وكان هذا الموضوع من الأهداف التى يسعى جاهداً للوصول إليها . ومن الجلى أن هذا الموضوع من المواضيع الصعبة العويصة التى تحتاج إلى كثير من الجرأة العلمية والتأمل الدقيق والتعاون الوثيق بين مختلف فروع العلم وصنوفه . خذ مثلا موضوع أصل المجموعة الشمسية ، قد تأخذك الدهشة إذا ذكرت لك أن هذا الموضوع أصعب بكثير من موضوع أصل النجوم والمجرات . وأنه لم يحل الحل المقنع رغم المحاولات المستمرة للعلماء التى استغرقت ما ينيف على قرن من الزمان ، وأن الأمر استدعى تعاون علماء الفلك والطبيعة والرياضة والكيمياء والجيولوجيا والحياة وأخيرا إن لم يكن أولا علماء الفلسفة .

إنه موضوع ملىء بالتكهنات تختلف فيه الآراء من وقت لآخر بشكل يدعو إلى الدهشة وقد يبدو ذلك غريبا على الرجل العادى ولكنه ليس بغريب على المشتغلين بالعلم وخاصة الفلكيين منهم . ولكنى لا أود بذلك أن أبعث

الشك فى نفس القارىء فى الفلك والفلكيين بل أدعه إلى الثقة فى طريق بحثهم .
ولكى يزداد القارىء اطمئنانا يكفى أن أذكر له أن علماء الفلك فى كثير من الأحيان يتوصلون إلى معرفة وزن نجم ما يبعد عنا ببلايين البلايين من الأميال ويتكهنون بتكوينه ودرجة حرارة سطحه بدقة أكثر من الدقة التى يقدر بها علماء الطبيعة وزن أو حجم الذرة التى تقع تحت أبصارهم فى المعمل .

والموضوع كما ذكرت صعب ، وقد عالجته فى هذا الكتاب واحدة من أساطين علم الفلك فى العالم هى السيدة « بين جابوشكين » . ويعتبر هذا الكتاب خلاصة تجاربها التى تنيف عن ثلاثين عاما قضتها فى أكبر معاهد الفلك .
وقد بذلت المؤلفة مجهودا كبيرا فى إعطائنا فكرة عما يدور فى هذا الكون العجيب وأعطتنا صورة مبسطة غاية التبسيط دون أن يفقد الموضوع طابعه العلمى . وقد قسمت الكتاب إلى ثلاثة أجزاء فى الجزء الأول منه تقدم المؤلفة إلينا أفراد العائلة الكونية فى نجوم وأزواج النجوم ومتعددات النجوم ومجموعات النجوم والمجرات والغبار والضباب الذى بين النجوم (وهو لا يقل أهمية عن النجوم حتى أنه يكون نصف المجرة التى تنتمى إليها كما أنه يلعب دورا هاما فى تكون النجوم وتطورها إذ أنه المادة التى منها تتكون النجوم) .

أما الجزء الثانى فيصف لنا العلاقات بين هذه الأفراد وما يربط بعضها ببعض من روابط وصفات ووضعها ومكانها من المسرح الذى تظهر عليه .

أما الجزء الثالث فهو نهاية المطاف حيث تحاول المؤلفة أن تنسج من دراستها لمختلف الأفراد قصة عن أصلهم وعما حدث فى حياتهم من تغيير وما سيطرأ عليهم من تطور .

وقد قام بنقله إلى العربية شاب من أقرب شبابنا لعلم الفلك وألصقهم

صلة به . وقد تم ذلك فى أسلوب رائع وعبارة سلسلة ممتعة مع أمانة فى النقل فلم يحد فى ترجمته عن المعنى الذى أرادته المؤلفة .

وإنى لأرجو أن يجد قارىء اللغة العربية متعة فى قراءة هـذا الكتاب وأن نكون قد نجحنا فى إثارة اهتمامه بهذا الموضوع .

والله ولى التوفيق

أحمد حماد

مقدمة المؤلفة

تطـــور الـكون

ما من إنسان يجرؤ على التصدى للحديث عن تطور النجوم إلا أن يكون شخصا قد فطر طبعه على التفاؤل وأشربت نفسه روح الفـكاهة ...

التفاؤل عند أصحاب الفلك داء عياء ... قد تشبث فى نفوسهم ، حتى لا يرجى لهم منه شفاء . . . .

ألا تراهم وقد أشرأبوا بأعناقهم وتطلعوا بأبصارهم إلى ما وراء المحيط الجوى اللجى المتلاطم ، يحاولون أن يبلغوا النجوم والمجرات فى مواقعها الحريزة المنيعة . . .

ألا تسمعهم إذ يتحدثون عن درجات حرارة تتعالى حتى تبلغ ملايين الدرجات ، وعن كثافات تتهاوى حتى لتقل عن كثافة أخلى فراغ وأخوى خلاء . . .

أرأيت إليهم كيف يدرسون الضوء الذى ترك مصدره منذ مئتى مليون عام ؟ ؟ . . .

أرأيت إليهم كيف يلمحون الومضة العابرة ، فينسجون لك منها قصة كاملة ، ويسلسون على هديها تاريخ السماء وأحداثها شاملة . . .

ولعل دراسة تطور الكون هى أجرأ سبحة من سبحات الخيال البشرى ، ذلك أن الكون يبدو ثابتا مستقرا غير متطور . . . . . فالأيام تتوالى عدوا يوما أثر يوم ، والفصول تتعاقب تعاقبا منظما رتيبا فصلا إثر فصل ، ويرنو الإنسان بين الوقت والوقت إلى ذلك السقف اللانهائى الذى يعلوه ويغطيه ، ويحيط به من جميع نواحيه . . .. فإذا السماء هى هى وإذا النجوم هى هى . . .

ومنذ ألف من السنين خلون ، سجل هباركوس Hipparchus أسماء الكوكبات التي كانت في عهده ، وننظر نحن اليوم إلى السماء . . . فإذا كوكبات هباركوس مازالت ترنو إلينا . . . .

وكوكبتا الدب الأكبر والجوزاء اللتان نعرفهما هما كوكبتان الدب الأكبر والجوزاء كما عرفهما هوميروس الشاعر اليوناني القديم .

وقد قسم البابليون القدامى منطقة البروج - ونعني بها مسار الشمس بين النجوم - إلى مراحل كانت الأسماء التي أطلقوها عليها هي الأصل الذي اشتققنا منه الأسماء التي نستعملها اليوم . . .

وإذا تصفحنا سجلات التاريخ ، منذ بدأ التاريخ يسجل تطور الحضارات وانحلالها ، لم نجد فيها أي دليل — أو مجرد إشارة — يوحي بحدوث أدنى تغير في طبيعة النجوم .

ولكن الواقع أن النجوم تتغير ، كما سنتبين في خلال فصول هذا الكتاب إن شاء الله .

إن مسرحية الكون تمثل على مسرح يترامى إلى ماوراء حدود أبصارنا وتجري أحداثها في بطء شديد حتى أن تاريخ البشرية كلها — على ما يبدو لنا من طوله — ليعد برهة قصيرة في مقاييس الزمان الكوني لا تكفي لاستحداث أي تغير ملحوظ في أحداث المسرحية . . . .

ولكن أحداث المسرحية قد تركت أمامنا آثارا تنبيء عنها وعلامات تنم عليها .... وشأننا — نحن أصحاب الفلك — لا يختلف كثيرا عن شأن شخص يقف خارج دار من دور السينما ، تعرض أمامه مشاهد متناثرة (لقطات) ، فإذا هو يحاول أن يربط بينها وينشيء منها في ذهنه قصة «الفيلم» كاملة . . . .

والمرقب يمدنا بمجموعة من أمثال هذه اللقطات الساكنة المحيرة ، وفيها يظهر أبطال «مسرحية الكون» وقد تجمعوا في عدة أوضاع ومواقف مختلفة . وكل دور - لقطة من هذه اللقطات - تعرض لنا دورا يشترك في أدائه مجموعة من

الممثلين ، فمنهم شخصيات تظهر فى أوضاع ثائرة متأزمة ومنهم شخصيات أخرى تشع الهدوء والطمأنينة . وتمر أمامنا شخصيات توثقت بينها الصلات، وتجمعات تنسج لنا مشاهد اللحظات الحاسمة فى القصة . . . . وتتلاصق أمامنا مناظر رائعة تتجمع فيها «الجماهير» تجمعا يكشف لنا على اتجاهات المجتمعات السماوية . . .

ومهمة علم الفلك هو أن يحلل القوى التى اشتركت فى استحداث كل موقف ، وأن ينسج هذه المواقف المتأثرة نسجا جديدا ، ويؤلف منها مسرحية كاملة متماسكة متلاحمة.

وليس فى وسعي إلا أن أعرض لك القصة كما أراها . . . . وربما أخطأت فى تفسير بعض الصور . . . . وربما افلتت منى بعض المواقف الحاسمة فى المسرحية . . . . ولكن — على الرغم من ضخامة المسرح الذى تجرى عليه الرواية ، وعلى الرغم من بطء أحداثها — يخيل إلى أننى قد استطعت أن أعثر على الخيط الرئيسى فى القصة ....

وفى الفصلين الأول والثانى سنقدم اليك الممثلين .... ان كثيرا من النجوم العظيمة مألوفة لك ، ولكن النجوم ذات الأدوار الثانوية لا تقل عنها أهمية أو خطرا .... وهناك ، إلى هذا ، جمهرة من الشخصيات هى من التفاهة بحيث لانستطيع أن نميزهم أو نعرفهم إلا بصفتهم أفرادا من الجمهور ، ولكنهم -برغم هذا- سادة الموقف .

ويلى ذلك ثلاثة فصول ، مهمتها تحليل «اللقطات» الساكنة . سنبدأ بعرض المواقف التى تتجلى فيها الروابط المحكمة بين الممثلين ، ثم نثنى بعرض مشاهد الدهماء والجماهير ، ثم ننتهى بعرض المنظر العام الكامل الذى يتجلى فيه المسرح كله باديا للعيان ، فيتيسر لنا فى لحظة واحدة أن نشهد جميع الشخصيات التى تلعب دورها على المسرح .

وفى ثلاثة الفصول الأخيرة ، نصوغ لك من هذه المواقف قصة متناسقة

متكاملة محكمة النسج . وسيكون الفصل الأول منها أشبه بالتمهيد للسرحية ، وفيه تنار الأضواء فى جنبات المسرح لتصوير الموقف التمثيلى .

وأخيرا نشرع فى تحليل الممثلين ، كبيرهم وصغيرهم ، وكيف تطورت شخصياتهم والأدوار التى اشتركوا فى تمثيلها ، وأخيرا مصيرهم النهائى .

إن محاولة رواية قصة الكون تبدو تهورا منقطع النظير . . . . إنها محاولة لا تقتصر على تحليل مواقف بعينها ، ولكنها تزعم أن فى وسعها صياغة قوانين عامة شاملة . وكل عدتها بضع «لقطات» ساكنة لبضعة مشاهد قليلة . . . . قليلة إلى حد يستثير الأسف ، هذا إلى أنها لم تسجل تسجيلا دقيقا .

وقد عبر أحد الشعراء عن هذا بقوله : إن علم الفلك قد تناهى فى الجرأة إلى حد أنه :

يلمح العالم فى أنفه ذرة .. ويرى الأفلاك فى أطواء زهرة
يلمس اللامنتهى فى قبضة .. يعبر الآباد فى ومضة نظرة

الجزء الأول

الممثـــــــــلون

الفصل الأول

النـــجوم

فى وسع العين المجردة أن ترى خمسة آلاف نجمة .....

فإذا استعملنا عدسة قطرها أربع بوصات ، لانكشف لنا من النجوم ماينوف على المليونين .....

فإذا لجأنا إلى مرآة قطرها ٢٠٠ بوصة لانكشف لنا من النجوم ما يفوق البليون ....

وكلما توغلنا فى محيط النجوم قلت بريقاً وازدادت عددا .

ويروى أن ادورد بكرنج Edward C. Pickering — أحد علماء الفلك فى جامعة هارفارد — كان يشرح معادلة يمكن بها إيجاد عدد النجوم التى يزيد تألقها عن قدر معين [1]. وبمقتضى هذه المعادلة ، كان عدد النجوم التى يزيد تألقها عن القدر الظاهرى — ١ هو نجمين اثنين . فاعترض أحد شهود المحاضرة ، قائلا ، انه لا يوجد إلا نجم واحد يتوافر فيه هذا الشرط : هو نجم الشعرى اليمانية ....

فأجاب بيكرنج قائلا :

— وى ... كأنك نسيت الشمس ...

---

(١) « القدر » هو المقياس الذى يعين به الفلكيون تألق النجوم — وهو مقياس لوغاريتمى — وكلما قل القدر زاد التألق . والفرق فى قدر واحد يمثل نسبة تألق تبلغ ٢½ .

وربما كان نسيانه الشمس راجعا إلى شدة إلفه لها وتعوده عليها . وقد قيل : إن الألفة تورث الاحتقار . فما أيسر ما ننسى أن الشمس هى أدنى النجوم إلينا ، وأطوعها للفحص والدرس ، وأنها النجم الوحيد الذى لا يفلت من رقابتنا الدائمة المتصلة .

ويمكن اعتبار الشمس نموذجا تتمثل فيه خصائص النجوم العادية . وقد درس العلماء ربع مليون نجم فى شىء من التفصيل ، فوجد أن ١٠ ٪ منها تشبه الشمس . وكل ما بين الشمس وبين هذه النجوم من فروق ، هو أن الأخيرة على بعد سحيق منا ؛ بينما الشمس دانية إلينا . . . . فنى وسعنا أن نقول ان فرداً من «جمهور» هذا الكون السماوى — يجمع من الخصائص ما يجعله نموذجا لغيره من أفراد الشعب — قد اختار أن يسكن بالقرب منا ، فيعطينا فرصة رائعة لدراسة تركيب سائر النجوم وتحليل سلوكها .

ضوء الشمس

الشمس كرة هائلة من الغاز المتوهج ، وكذلك شأن كل نجم يتألق . ولما كانت النجوم على بعد سحيق منا ، فليس بينها — باستثناء الشمس — ما يمكن أن يبدو لنا على شكل قرص ولو استعملنا فى رصدها أقوى المراقب [1] .

وبالرغم من أن قطر الشمس قدر قطر كوكبنا — الأرض — مائة مرة

---

(١) تتميز السيارات التى تتحرك حول الشمس عن النجوم فى أنها تبدو كأقراص عند رصدها بالمرقب ، ولكن تألقها ليس صادراً عن نور ذاتى بل عن انعكاس ضوء الشمس عليها . وعلى العكس من ذلك فإن جميع النجوم التى نرقبها مضيئة بذاتها ، وتبلغ من السخونة حدا تتوهج معه سطوحها .

وحجمها قدر حجمها مايـون مرة ، وكتلتها قدر كتلتها ثلثمائة ألف مرة — بالرغم من هذا كله — تعتبر الشمس نجما صغير الحجم ضئيل الوزن إذا قيست بسائر النجوم .

وإن ضوء سطحها المتوهج الذى يخطف الأبصار ، والذى لا تقوى عيوننا على مواجهته بالرغم من أنه يبعد عنا ٩٣ مليوناً من الأميال . . . وهو ضوء يفوق فى شدة وهجه أقوى ضوء صناعى عدة أضعاف . . . هذا الضوء الشديد يبدو خابيا خافتاً إذا ماقورن بضوء أحد النجوم الشديدة الاستعار .

ولكن الشمس — على تواضع شأنها إذا ما قورنت ببعض النجوم الأخرى — تمارس من ضروب النشاط ما تمارسه سائر النجوم ، وإن تصفحنا لوجهها عن قرب يكشف لنا من ألوان التعبيرات مالا يقدر لنا أن نراه لو أنها كانت منا على بعد سحيق ، ومن شأن دراستنا المستفيضة لها أن تكشف لنا عن سلوك سائر أفراد هذا الشعب الذى يتكون منه هذا الكون « السماوى » .

ولقد ران فى أذهان الناس أن ضوء الشمس خاضع لنظام ثابت رتيب لا يبغى عنه حولا ، واطمأنوا إلى هذا الشعور واعتمدوا عليه فى حياتهم اليومية حتى لكأنه أمر مفروغ منه . .

وتصورهم هذا لا يعوزه الأساس العلمى . . . . فإن الدراسات الدقيقة التى أجريت فى خلال نصف القرن الأخير لم تكشف إلا عن تغيرات متناهية فى الضآلة ، بل إن الغالب على الظن أن هذه الاختلافات ناشئة عن تغيرات فى شفافية جونا الأرضى .

وتتوقف درجة حرارة الأرض — توقفاً يوشك أن يكون تاما — على كمية الحرارة التى نتلقاها من الشمس . فإذا راعينا أن الحياة قد استمرت

متصلة على سطح الأرض دون توقف مئات الملايين من السنين لتجلت لنا هذه الحقيقة الخطيرة ، وهى أن الشمس لا بد أنها كانت دائبة على إرسال ضوئها طيلة هذه الحقبة الزمنية على الأقل . .

وتستقبل الأرض الطاقة الشمسية بمعدل ٤٦٩٠٫٠٠٠ حصان ميكانيكى لكل ميل مربع ، وقد دأبت على ذلك مئات الملايين من الأعوام ، ومع ذلك فالعجيب أن هذا المقدار من الطاقة الذى يتلقاه كوكبنا الضئيل — على ما يبدو من ضخامته — لا يعدو أن يكون جزءاً من ألفى مليون جزء من الطاقة التى تشعها الشمس فعلا . . . . إنها لأرقام تتحدى طاقة الخيال مهما جمح فى تصوره .

بل إن أمر هذه الطاقة الشمسية ليبدو فى صورة أبعث على العجب والذهول لو أننا حاولنا أن نعبر عنها بالطريقة التى توصل إليها علماء الطبيعة المحدثون . فإن علم الطبيعة الحديث لم يكشف عن إمكان تحول صور الطاقة المختلفة بعضها إلى بعض وحسب ، ولكنه أثبت أيضا أن الطاقة والمادة متكافئتان بمقتضى قانون أينشتين الشهير الذى ينص على أن :

$$ط = ك س^{٢}$$

[ط هى الطاقة مقدرة بالدرجات ، ك هى الكتلة بالجرامات ، س هى سرعة الضوء وتساوى ٣ × ١٠^١٠ من السنتيمترات (أو حوالى ١٨٦٠٠٠ من الأميال) فى الثانية [١]] .

---

(١) الجرام هو الوحدة العلمية للكتلة ، ويساوى كتلة السنتيمتر المكعب من الماء فى الظروف العادية . ويلاحظ ان ١٠٠٠ جرام = ٢٫٢٠٥ من الأرطال الإنجليزية ، والارج هو كمية الطاقة اللازمة لرفع ١/٩٨٠ جم من المادة عن سطح الأرض سنتيمتراً واحداً . وهى وحدة ضئيلة جداً . فإن أربعين مليوناً من الإرجات تساوى حوالى سعر واحد ، والسعر هو كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة ١ جم من الماء فى الظروف العادية درجة واحدة .

فبمقتضى هذه المعادلة ، يتبين لنا أن للضوء — كما للمادة — وزناً .
وتطلق الشمس ٤ ملايين من أطنان الطاقة المشعة فى الفراغ فى كل ثانية .
فإذا قدرنا أن هذه العملية قد دأبت تجرى مائة مليون عام — وهذا ما نعتقده — فمعنى ذلك أن نجمنا (أى الشمس) قد أطلق ما ينوف على ١٠٫٠٠٠٫٠٠٠٫٠٠٠٫٠٠٠٫٠٠٠٫٠٠٠٫٠٠٠٫٠٠٠ (أى ١٠^٢٢) من أطنان الضوء والحرارة فى مجرى مسترسل متصل . . . وهذا الرقم — على ما يبدو من ضخامته لا يمثل إلا ما يقرب من جزء من مليون جزء من كتلة الشمس .

ومعنى هذا — كما سنرى إن شاء الله — أن الشمس فى واقع الأمر ، إنما تحول مادتها إلى طاقة مشعة ، ولكنها لا تنفق من « رأس مالها » إلا جزءاً من مليون مليون جزء كل عام . . . فهى كما ترى تراعى فى إنفاقها قواعد القصد والاعتدال ، فهناك نجوم أخرى تعتبر — إذا قيست بشمسنا — متلافا شديدة الإسراف .

سطح الشمس

هذا النظام الرتيب الذى تنتهجه الشمس فى الإنفاق من طاقتها قد يوحى إلينا أنها جسم مستقر هادىء . . ولكن الواقع أن سطحها هو أبعد ما يكون عن السكون والاطمئنان . . .

فنى وسع العين المجردة أن تلاحظ ما على سطحها من بقع داكنة ، ويندر أن ترى الشمس خلوا من هذه البقع

فإذا تفحصنا سطح الشمس بمزيد من الدقة لانكشفت لنا حبيبات دقيقة دائبة على الحركة تسود قرصها كله .

ولقد يخيل إلى البعض أن وجه الشمس أشبه ما يكون ببحر من الغاز

أملس السطح لا تشوبه انثناءات ولا تجعدات ... ولكن الواقع أنه أقرب ما يكون إلى محيط متلاطم الأمواج، جياش الأعاصير ، له شهيق وزفير تتعاوره زوابع هوجاء تتحرك حركة الدوامات . تندفع من أسفل إلى أعلى (ويتسبب عنها ما يعرف بالكلف الشمسى) هذا إلى ألسنة من الغاز (لها شكل الشوك) تبرز وتثور ثم تهدأ ،وسحب من بخار متوهج (تبدو كنتوءات) تطفو وتدور ، وتندفع هائجة فوق السطح ، وشعلات ذات إشعاع قوى الوهج تظهر على سطح المشس فجأة (وتعرف بالخوافق) .

كل هذه الأشياء يمكن ملاحظتها على سطح الشمس ملاحظة مباشرة ، أما وجود هذه الأشياء على أسطح سائر النجوم فيمكن دركه بالحدس والتخمين أو ملاحظته بطرق غير مباشرة .

على أننا على ثقة تامة بأن هذه الظاهرات يغلب أن تكون فى سائر النجوم أعنف منها فى الشمس . ويتوهج سطح الشمس كله — بما عليه من الخوافق والتحببات ، بل البقع الشمسية نفسها — توهجا فائق الشدة .

وينتظم ضوء الشمس سلسلة الألوان كلها (١) ، والتى تبدأ من الأشعة السينية (أشعة أكس) ، مارة بألوان الطيف المرئية ، ومنتهية بالأمواج اللاسلكية .

وقد لا يكون من باب المصادفه أن المناطق الأشد توهجا فى الشمس هى المناطق التى تستطيع عيوننا رؤيتها .

وقد لاحظ العلماء أن توهج ضوء الشمس يكون على أشده فى المنطقة

(١) ليس الضوء إلا جزءاً صغـــيرا من طيف الإشعاعات الكهرومغنيطية . فأشعة س ، والأشعة فوق البنفسجية ، والضوء العادى ، والأشعة تحت الحمراء ، والأمواج الفائقة القصر micro waves وأمواج الراديو — كلها ذات طبيعة واحدة ، ولا تختلف بعضها من بعض إلا فى طول الموجة .

ما بين الأصفر والأخضر ، واستطاعوا — على هدى هذا — أن يعينوا درجة حرارة سطحها المشع . والتجارب اليومية تثبت أنه كلما ازداد توهج سطح ما ، كان ضوؤه أقرب إلى الزرقة . وقد صيغت هذه الحقيقة فى قالب رياضى كمى ، عبر عنه بقانون فين Wien . وبتطبيق هذا القانون أمكن تقدير درجة حرارة السطح المشع من الشمس ، فوجدأنها تبلغ ٦٠٠٠ مئوية[1] وهو تقدير صحيح مهما كانت المادة التى تتركب منها الشمس .

تركيب الشمس

ليس لمعان الشمس موزعا على كل الألوان بدرجة واحدة . فإذا مررنا شعاع الشمس خلال منشور ، فإن الضوء ينفذ منه مكونا ما يشبه قوس قزح صناعيا ، وهو المعروف باسم « الطيف » وترى بعض ألوانه مطموسة إلى حد كبير . ويشاهد قوس القزح هذا منقسم إلى صفوف من مناطق الضوء بينة الحدود ، يفصل بعضها من بعض خطوط أقل وميضا منها تسمى خطوط Fraunhofer Lines فلا بد أن شيئا ما قدسلب ضوء الشمس هذه الألوان و« اللصوص » المسئولون عن ارتكاب هذه الجريمة هم بلاشك هذه الذرات التى اتخذت مكانها فوق سطح الشمس

ولكل ذرة مجموعتها الخاصة بها من الأضواء ... فقدرتها على امتصاص الأضواء أو إطلاقها قاصرة على الألوان الداخلة فى نطاق هذه المجموعة ... وهى إذ تمتص الضوء أو تطلقه إنما تمتص الطاقة أو تطلقها .

وإن دراستنا لتوزيع الأضواء فى الشمس ، وخبرتنا بسلوك الذرات فى الأرض مكنتانا من أن نحلل سطح الشمس تحليلا كيمياويا ، وأن نبلغ فى

---

(١) أى ١١,٠٠٠ درجة فهرنهيتية .

هذا التحليل من الدقة مالم نكن بالغيه لو أنه أتيح لنا الحصول على شريحة من الشمس وقمنا بتحليلها فى المعمل [1] .

وقد اثبتت التحاليل التى أجريت على الشمس أنها مركبة من نفس العناصر الكيماوية المألوفة لنا على الأرض .

وبمقارنة الأضواء المميزة ، استطعنا أول الأمر أن نتوصل إلى تحليل الشمس تحليلا وصفيا ، واتضح لنا أن جميع الذرات المعروفة التى لها خطوط طيفية فى المنطقة التى يمكن دراستها من الشمس [2] ممثلة فى طيفها .

ويوجد بالشمس بعض المركبات الكيماوية البسيطة مثل السيانوجين ، ولكن الشمس مكون من ذرات منعزلة . وبعبارة أخرى يتضح لنا من طيف الشمس أن طبقاتها الخارجية فى حالة غازية .

وقد أثبتت البحوث الدقيقة أن مجموعة الألوان التى تتميز بها ذرة من الذرات تختلف باختلاف درجات الحرارة . وهذا يمكننا من تقدير درجة حرارة الطبقات السفلى من جو الشمس — تلك الطبقات التى يتسبب منها خطوط فرنهوفر .

ولقد وجد أن درجة الحرارة هذه تتفق تماما مع درجة حرارة الشمس التى استنبطناها من دراسة لون ضوئها .

---

(١) وهذا راجع إلى شدة عمق طبقة الذرات على سطح الشمس ، وبالتالى إلى كثرة عدد الذرات المتاحة للتحليل ، إن فى وسعنا أن نرى فى طيف الشمس عددا كبيرا من خطوط الطيف التى لا عهد لنا بها على الأرض . والتى لانملك إلا أن نفترض وجودها على الأرض افتراضا .

(٢) تحجب بعض الجزئيات الموجودة فى جو الأرض — وعلى الأخص جزئيات الاوزون والأكسجين وبخار الماء — بعض أجزاء طيف الشمس حجباً يوشك أن يكون تاما .

لقد بلغت معلوماتنا عن طبيعة الطيف إلى حد أن أصبح فى وسعنا ، لا أن نميز الذرات التى على سطح الشمس فحسب ، ولكن أن نحصيها عدا . . . .

وقد تبين لنا أن الشمس ـ فى معظمها ـ مكونة من ذرات الايدروجين ، وهى أخف أنواع الذرات وأبسطها ، حتى أن ما تحتويه الشمس منها يفوق ماتحتويه من ذرات المواد الأخرى مجتمعة . ويلى ذلك ذرات الهليوم وترتيبها فى خفة الذرات يأتى بعد الأيدروجين ثم تتوالى بعد ذلك ذرات المواد الأخرى فى أعداد تقل كلمازادت الذرات ثقلا وتعقيدا ، وذلك فيماخلا بعض الاستثناءات الهامة .

وليست الشمس بدعا عن غيرها فى تركيبها الكيماوى ، فجميع الكائنات السماوية تشاركها هذا النظام . ولا نعنى بالكائنات السماوية النجوم وحدها بل نقصد بها كذلك الغازات السابحة والمواد الترابية التى تغشى الفراغ بين النجوم .

ولكن التركيب الذرى للنجوم ليس واحدا ـ وقد تكون هذه الفروق غاية فى التفاهة ولكن لها رغم ذلك دلالات فى غاية الأهمية ـ على أن مايثير الدهشة حقا هو التماثل العجيب فى التركيب الذى ينتظم جميع أفراد هذا العالم السماوى ، حتى أنه لا يصعب علينا أن نجد جرما سماويا واحداً نستطيع أن نزعم بشىء من الثقة أن العنصر الرئيسى الذى يدخل فى تركيبه هو شىء آخر غير الأيدروجين .

عود إلى دراسة سطح الشمس

سبق أن ذكرنا أن لكل ذرة مجموعتها الخاصة من الألوان . فلو صورنا الشمس فى لون واحد ، لخرجت لنا صورة تسجل لنا الذرات المتشابهة على حدة . ومن حسن حظنا أن الشمس تبلغ من السطوع حدا نستطيع معه إن شئنا أن نصور أى منطقة محددة من مناطق الألوان تبلغ مهما بلغت من الصغر ، إما بالجهاز المعروف باسم جهاز الطيف الشمسى المصور وإما بتلك

التركيبات الرائعة من مرشحات الضوء ، فلا تكشف الصور المأخوذة للشمس فى لون ذرات الكالسيوم أو الأيدروجين عن المزيد من التفاصيل فحسب بل إنها تبين لنا تفاصيل أخرى جديدة .

فإذا أخذت للشمس صورة مباشرة ، فى ضوء جميع الألوان ، فإن الصورة لاتظهر إلا بقعا شمسية معتمة وتحببات مطموسة مبهمة .

أما الصورة المأخوذة لها فى ضوء الكالسيوم ، فإنها تكشف عن أهداب لامعة بجوار البقع الشمسية السوداء ، التى تزيد كثيرا من لمعان هذه الأهداب .

بل إن الأعجب من ذلك ، أن فى وسع أهداب الكالسيوم اللامعة أن تتنبأ بمكان البقعة الشمسية قبل أن يتم تكونها وقبل أن تتخذ طريقها مدومة إلى سطح الشمس . إذ أنها تظهر قبل ظهور هذه البقع وتستمر فى ظهورها بعد اضمحلال تلك البقع الشمسية واختفائها مبينة لنا مكانها .

وأما الصورة المأخوذة فى ضوء الأيدروجين فأصعب منالا ، ذلك أن الأيدروجين لايلتهم من ضوء الشمس مايلتهمه الكالسيوم ومن ثمت تكون صورة الشمس الأيدروجينية أخفت ضوءا . قد يبدو هذا عجيبا ، لأن سطح الشمس يحتوى على كمية من الأيدروجين أكبر مما يحتويه من الكالسيوم . ولكن مرد هذا إلى اختلاف نزوات ذرة الكالسيوم عن الأيدوجين . فمعظم ذرات الكالسيوم تكون فى أصلح حالاتها لإشعاع الضوء فى درجة الحرارة التى عليها سطح الشمس ، فى حين أن ذرة الأيدروجين تكون فى حالة عناد ، فقدرتها على اشعاع الضوء فى درجة حرارة سطح الشمس (٦٠٠٠م) لاتزيد على جزء من مليون جزء من قدرة الكالسيوم .

وبالرغم من أن عدد ذرات الأيدروجين يفوق عدد ذرات الكالسيوم عشرة آلاف مرة ، فإن قوة الخطوط التى تحدثها فى طيف الشمس أقل من تلك التى تحدثها ذرات الكالسيوم مائة مرة .

فالصور الفوتوغرافية المأخوذة فى ضوء الأيدروجين تكشف لنا عن مناطق القلاقل بالقرب من البقع الشمسية ، ولكنها تبدو أقل لمعانا وذلك راجع إلى ضعف استجابة الذرات .

وتكشف الصور الفوتوغرافية ، سواء ما التقط منها بالأيدروجين أو بالكالسيوم ، عن خيوط داكنة ، تبدو كالظل الملقى على سطح الشمس الساطع . وليست هذه الخيوط معتمة ولكنها تبدو كذلك بالمقارنة بسطح الشمس فإذا تأتى لأحد هذه الخيوط أن يمتد خارج حافة الشمس فإنه يبدو كنتوء متوهج . والنتوء هو سحابة كبيرة من الغاز معلقة أعلى سطح الشمس .

وبعض النتوءات يبلغ من اللمعان حدا تبدو معه كعروق ساطعة ، يكشف وهجها نور الشمس نفسه . وليس للنتوءات وضع ثابت — لا من حيث صورتها ولا من حيث طريقة حركتها ، إذا أنها تتخذ لنفسها عددا لا حصر له من الأشكال والتحركات . فبعضها يتحلق أعلى سطح الشمس ، وبعضها ينبثق عاليا ويتدفق كأنه خيط من الماء ، مكونا ما يشبه الفوارة ، ثم يبدو وكأنه انقشع وتبدد فى الفضاء ، وبعضها يندفع صعدا ثم يهبط نزلا كأنما هو نافورة . ولكن العجيب أن معظمها يتقاطر كأنه المطر هابطا لا صاعدا ، وبعضها يبدو وكأن سطح الشمس قد مصه مصا وابتلعه ابتلاعا . ولا زلنا أبعد ما نكون عن فهم حركات النتوءات . فبعضها يرتبط وجوده بالبقع الشمسية ، وبعضها لا علاقة له بها .
وربما كان للمعان سطح الشمس المرقط أثر فى هذه النتوءات . وربما كان للتأثيرات الكهربية أهميتها . وربما كانت التأثيرات المغنيطية تلعب دورها الخطير . وأيا كانت العوامل الرئيسية التى تلعب دورها فى تكوين هذه الأشكال المتعددة من النتوءات الشمسية ، فإن لها أهميتها أيضا فى بعض النجوم التى تمت إلى فصائل غير الفصيلة التى تنتمى إليها شمسنا .

وسنرى فيما بعد ، إن شاء الله ، أن نشاط النتوءات خاصية من الخصائص التى تميز كثير من النجوم ، وإذا ما قورن الدور الجبار الذى تلعبه النتوءات فى

هذه النجوم ، لبدت نتوءات الشمس حيالها قزما مسيخا .

ولا ندرى على وجه التحقيق ما إذا كانت حركات النتوءات راجعة إلى التأثيرات المغنيطية ، ولكن الذى نستطيع أن نؤكده أنه قد لوحظ فعلا وجود مجالات مغنيطية قوية جدا على الشمس . والذى وشى لنا بهذه الحقيقة هو طيف البقع الشمسية الناتج من طيف الذرات المفردة الموجودة فى تلك الزوابع الشمسية .

فإذا وضعت الذرة فى مجال مغنيطى،كان لها طريقتها الخاصة فى الامتصاص والإشعاع ، وحينئذ تتفرع مجموعتها الخاصة من الألوان بصورة معقدة . وكلما قوى المجال المغنيطى ، قوى التفرع . ومثل البقع الشمسية كمثل مغناطيس كهربى جبار يبلغ إتساعه عدة آلاف من الأميال .

ولاشك أن الجزيئات المشحونة بالكهرباء،فى دورانها حول محور العاصفة إنما تمثل التيار فى المغناطيس الكهربى . وبذا يتكون مجال مغنيطى قوى على طول محور البقعة . والبقع الشمسية — شأن النتوءات الشمسية ـ لازالت غير مفهومة فهما كاملا . ولكن المحقق أن لها مجالات مغنيطية تقدر بحوالى ألف جاوس[1] ومثل هذه المجالات تعتبر قوية جدا .

ولكن هناك نجوما عجيبة لها مجالات أكبر ، ووجه العجب فيها أن النجم منها يعتبر كله مغناطيسا ، بخلاف الشمس التى تتركز المغناطيسية فيها فى بقعها الشمسية ولهذه « النجوم المغنيطية» خاصية عجيبة ، أن قطبى المغناطيسى فى كل منها يتبادلان وضعهما فى فترات منظمة ، فيصبح القطب الموجب سالبا ، والسالب موجبا . والبقع الشمسية تشارك « النجوم المغنيطية » هذه الخاصية :

---

(١) الجاوس هو وحدة قوة المجال المغنيطى. وتبلغ قوة المجال المغنيطى للأرض ، وهو المجال الذى يؤثر على البوصلة المغنيطية، مقداراً صغير يبلغ كسرا من الجاوس .

وحينما يزدحم وجه الشمس بهذه البقع ، فإن ذلك يكون إيذانا بأحداث مثيرة تقع بالقرب من كوكبنا الأرض . فإذا الشفق (ضوء الشمال) يلمع ويتوهج فى السماء ، وإذا العواصف المغنيطية تعطل المواصلات وتفسد الإذاعة اللاسلكية ، وهكذا ترى أن الاضطرابات التى ينشأ عنها الكلف على وجه أمنا الشمس لها ضدها على بنتها الأرض .

ويتقاطر من مناطق الاضطراب الشمسى دقائق تتساقط فى الفضاء بسرعة فائقة ، وينهمر منها مطر من الالكترونات والبروتونات بل ماهو أثقل منها من الدقائق حتى تصل إلى جونا .

ويعمل هذا المطر المشحون بالكهرباء عمله فى ذرات الهواء الجوى وجزيئاته ، وينير وهج الشفق ويبعث الأكسجين فى أعلى طبقات الجو بأضوائه الحمراء والخضراء ، وتدلى جزيئات الأزوت وسائر المواد الأخر بدلوها فى الدلاء فترسل كل منها أضواءها المميزة لها . وقد تمكن العلامة مينيل Meinel حديثا من تصوير طيف أمطار الأيدروجين الشمسى .

وتتلقى الأرض رذاذا من دقائق المـــواد التى لم تبرح الشمس إلا منذ سويعات معدودات(١) وليست رسائل الشمس من هذه الدقائق قاصرة على ضوء هذه المناسبات التى يكون فيها وجهها مزدحما بالكلف ، فالواقع الذى له دلالته الهامة عند أهل الفلك ، أنها تنشر فى الفراغ دقائقها بصورة مستمرة لا تنقطع.

وهذا الذى تفعله الشمس تفعلة كثير من النجوم كما سنرى فيما بعد إن شاء الله .

---

(١) تبرح الدقائق الشمس وتسير فى الفضاء بسرعة تتراوح بين ١٢٥ و ٦٢٥ ميل فى الثانية وتستغرق رحلتها إلى الأرض فترة تتراوح من ٢٠٠ إلى ٤٠ ساعة .

وليست النتوءات هى الظاهرة الوحيدة التى تبرز فوق حافة الشمس . فعند اللحظة الحاسمة فى الكسوف الكلى ، عندما يغطى قرص القمر جسم الشمس كله يظهر حولها حافة وضاءة لامعة من الضوء الوردى تسمى بالكرة الملونة ، ويتبين من طيف الكرة الملونة للشمس أنها مكونة من ذرات مشعة ، هى نفس الذرات التى ظهرت فى خطوط فرنهوفر فى طبقة أقرب إلى سطح الشمس من الكرة الملونة ، ولكن هناك فرقا بينهما .

فالمعروف عن غاز الهليوم أنه أكثر جموحا من الأيدروجين وأشد عنادا. فمجرد وجوده على سطح الشمس أو على سطح أى جرم سماوى آخر لا يكفى لرؤيته وتمييزه ، بل لابد من توافر درجة الحرارة المناسبة التى تكفى لإثارته ، فإثارته لا تتم إلا فى درجات حرارة عالية ، أعلى بكثير من تلك التى يتطلبها الأيدروجين .

فهل هناك أدل على تأثير درجة الحرارة العالية فى منطقة الكرة الشمسية الملونة من أن غاز الهليوم — وهو على ماعرفنا من جموحه وعناده — يمكن رؤيته بوضوح فى هذه المنطقة ، لا على حالته العادية فحسب، بل فى حالة التأين أيضا ، وقد انفصل عن ذراته إحدى الكتروناتها — وهذه حالة لا نجدها إلا على سطوح ألفح النجوم سعيرا - تلك التى تربو درجة حرارة سطوحها على ٣٠٫٠٠٠ مئوية . . .

وهكذا يتبين لنا أن درجة حرارة طبقة الكرة الشمسية الملونة - التى على ارتفاع يتراوح بين ٥ آلاف و ١٠ آلاف ميل فوق سطح الشمس - يربو على ٣ أضعاف درجة حرارة الذرات التى ينتج عنها طيف الامتصاص على سطح الشمس....

وتتكون الطبقة الكرية الشمسية الملونة مما يشبه أن يكون إطارا شعريا مكونا من شويكات دقيقة ، أو فوارات ، تندفع مصعدة ثم تختفى بعد دقائق معدودات ، ربما كان لهذه الشويكات علاقة بالحبيبات التى تظهر كبقع الفلفل على سطح الشمس . ويبدو أن هذه الحبيبات- شأنها الشويكات -قصيرة العمر.

ولبعض النجوم الأخرى ، كما للشمس ، طبقات كرية ملونة ، وبعضها يختلف عن الشمس فى أن طبقته الكرية أكبر بكثير من النجم نفسه ، ويبلغ من شدة تألق هذه الطبقة أن الذرات المتوهجة فى طيفها تحدث خطوط طيف لامعة بارقة يكسف بريقها ضوء النجم نفسه .

والطبقات الكرية الملونة لبعض النجوم ـ كالشمس ـ توجد أعلى النجم نفسه ، ولا يكاد يكون لها حركة ، بينما نجد ـ فى نجوم أخرى ـ أن الذرات اللامعة حول النجم تتدفق وتفيض مندفعة إلى الخارج فى انتظام ومثابرة . وهناك من النجوم ما تتكون فى طبقاتها الكرية الملونة فقاقيع ، لا تلبث أن تتضاءل فى تدريج وتنقشع فى الفضاء .

ويوجد خارج الكرة الملونة الشمسية ـ ما يسمى بإكليل الشمس ـ ويرى لامعا متلألئا ويمتد مسافة تقرب من قطر الشمس نفسها .

ولإكليل الشمس طيف تحدثه الذرات المتوهجة ، كما هو الحال فى الطبقة الكرية الملونة ، ولكن طبيعة هذا الإكليل ظلت سنين طوالا لغزا حير العلماء ، لأن الطيف الذى تحدثه ذرات الإكليل يحتوى من الألوان ما لا عهد لنا به من الذرات التى ألفنا وجودها على الأرض ، ولهـــذا نسبها العلماء إلى مادة خفية ، أطلقوا عليها اسم المادة « الإكليلية » لم يعهدها العلماء فى أى مكان آخر .

وقد ظل أصحاب الفلك على هذه العقيدة حتى أثبت لهم العالم الطبيعى السويدى إيلدن Elden أن الإكليل الشمسى مكون من عناصر معروفة مألوفة كالحديد والكالسيوم والنيكل ، ولكنها تعانى من درجات الحرارة العالية ما لا يمكن أن تصل إليه على الأرض . والمظنون أن درجة حرارة الهالة ـ أو التاج الحديدى للشمس ـ مليون درجة .

وهناك نجوم أخرى لها هالات كهالة الشمس وبعضها يبلغ من الوهج حدا فائقا

وقد درس العلماء طيف بعض النجوم العجيبة التى عانت انفجارا « مفاجئا » فوجدوا فيها نفس الألوان التى وجدوها فى الهالة الشمسية ....

وربما كان أبرز مايستلفت النظر فى الطبقات الخارجية للشمس هو ازدياد درجة حرارة كل طبقة عما تليها كلما اتجهنا إلى الخارج .

فدرجة حرارة الطبقة العاكسة والمنطقة الضوئية (١) المتوهجة من سطح الشمس هى حوالى ٦٠٠٠° .

فإذا خرجنا إلى الطبقة الجوية وجدنا أن درجة حرارتها حوالى ٢٠,٠٠٠

فإذا ارتفعنا إلى الهالة وصلت درجة الحرارة إلى ١,٠٠٠,٠٠٠

أما البقع الشمسية التى تشبه المنخفضات على سطح الشمس فهى أبرد حتى من الطبقة الماصة العاكسة ويشير طيفها وألوانها إلى درجة حرارة لاتختلف كثيرا عن ٤٠٠٠ م .

هذا النظام الطبقى العجيب فى تسلسل درجات الحرارة ليس بدعا فى أمره فهو ظاهرة ملحوظة فى نجوم أخرى ، بل إنها تتجلى فى بعض النجوم على نطاق أوسع . ولولا علمنا بأن الشمس نجم منفرد لكان فى تنوع طيفها مايمكن أن يخدعنا ويدعونا إلى الشك فى تلك الحقيقة .

وقد أفادتنا هذه الحقيقة فى دراستنا لكثير من النجوم الأخرى ، التى تختلف أطياف النجم فيها إلى حد يدعو إلى الاعتقاد بأنه نجم مركب .

---

(١) المنطقة الضوئية Photosphere هى الطبقة السطحية المتوهجة فى الشمس . وتوجد فوقها الطبقة العاكسة Reversing Layer وهى الطبقة الجوية للذرات الماصة ودرجات الحرارة التى نعطيها هنا وفيما بعد مقدرة بالمقياس المئوى .

الألف كتاب

مع النجوم في تطورها

(١٨٠)

بإشراف إدارة الثقافة العامة
بوزارة التربية والتعليم

دوران الشمس

أبرز مايواجهنا من الحقائق التى تتصل بالشمس ـ من وجهة نظرنا كبشر ـ هو هذه الكواكب السيارة وقد توافرت فى إحداها من الظروف الطبيعية والكيمياوية ماجعله صالحا لنشوء الحياة فيه ـ وهو الأرض .

هذه هى الحقيقة ذات المرتبة الأولى من وجهة نظرنا كبشر .

أما من وجهة نظر الشمس ـ إن كان للشمس وجهة نظر ـ فإن كل هذه السيارات تعتبر كما مهملا .

حتى المشترى ـ وهو أكبر الكواكب التى تدور حول الشمس ـ لايزيد وزنه على جزء من ألف جزء من وزن الشمس .

أما فيما يختص بالسيارات فإن المشترى هو الكوكب الوحيد الذى له تأثير حقيقى ، فان له اليد العليا فى السيطرة على المذنبات . والكويكبات (التى هى أصغر أعضاء المجموعة الشمسية حجما) بل إن المشترى يفوق الشمس نفسها من إحدى النواحى. فإن السيار العملاق يستحوذ على النصيب الأوفى من طاقة الدوران الكلية للمجموعة الشمسية ، فطاقته الدورانية أكبر من الطاقة الدورانية للشمس نفسها . صحيح أن الشمس تدور ، ولكنها تدور فى بطء شديد ، حتى أنها تستغرق لإتمام دورتها الكاملة شهرا كاملا .

وقد ظلت هذه الحقيقة إحدى العقبات الكؤود التى وقفت فى طريق الوصول إلى أية نظرية تفسرلنا أصل المجموعة الشمسية . فإن معظم النظريات التى صادفت شيئا من الرواج كانت تستلزم أن يكون للشمس أكبر نصيب من طاقة الدوران الكلية .

وليس بطء دوران الشمس بالظاهرة الفريدة فى عالم النجوم ، فأكثر النجوم التى تشبه الشمس حجماً ودرجة حرارة تدور حول محاورها فى بطء .

صحيح أن هناك نجوما سريعة الدوران ، ولكنها فى الغالب نجوم هائلة الحجم ذات درجة حرارة عاليــة . أما النجوم التى تشبه الشمس فلا يتأتى للواحد منها أن يدور بسرعة إلا أن يكون أحد أفراد مجموعة توأمية ، وفى هذه الحالة يجبر النجمان التوأمان على الدوران السريع ، ويحدث أحدهما فى الآخر مداً وجزرا عنيفين ، ويظلان على الدوام وجها لوجه . وينشأ عن سرعة دوران النجم أن يتشوه ويتحول عن شكله الكرى إلى شكل شبيه بالكرى . وتسرى هذه الظاهرة على السيارات نفسها نتيجة لسرعة دورانها فالسيارات الصلبة أو القريبة من الصلابة كالأرض والمشترى وزحل تبدو عند القطبين مفلطحة تفلطحا تختلف شدته قوة وضعفا (باختلاف السيار وسرعة دورانه) . فالمشترى مثلا يبدو كبر تقالة لو استعمل فى رصده مرقب صغير ، ولكن الشمس تبدو أقرب ماتكون إلى الكرة . ولم يحدث أبدا أن لوحظ عند قطبيها أى تفلطح .

والشمس على دورانها البطىء ، لها فى دورانها طريقة عجيبة جديرة بالانتباه فدورانها عند خط استوائها أسرع من دورانها حول قطبيها ، وقد أدى هذا إلى ان أصبح سطحها فى حالة قص — أى أن بعض أجزاء سطحها ينزلق باستمرار حول بعض الأجزاء الأخرى ، وربما كان لهذا الأسلوب الذى تتخذه الشمس فى دورانها أثر فى استحداث دوامات البقع الشمسية ، فاذا كانت الشمس — وهى على ماتعرف من بطء دورانها — تدور عند خط الاستواء أسرع مما تدور عند القطبين — فما بالك بالنجوم التى تتم دورانها حول نفسها فى ساعات معدودات وكم يؤدى هــذا الدوران الفائق السرعة إلى تشويهها وتحويلها عن الشكل الكرى ؟

ثم.... ماذا عن دوران باطن الشمس ؟ ليس فى وسعنا أن نرى من الشمس غير سطحها الظاهرى والمحتمل — بل المتوقع — أن تكون سرعة دوران باطن الشمس مختلفة (عن سرعة سطحها) .

وإذا كان النجم يدور بسرعة ضئيلة ، كما هو الحال فى شمسنا ، فليس من المنتظر أن ينقلب باطنه ظاهراً وأن تختلط محتوياته بعضها ببعض . ولكن ظاهرة إختلاط المحتويات تحدث فى النجوم ذات السرعة الفائقة . ويمكن إعتبار درجة إختلاط المواد فى داخل النجم عاملا فعالا فى حياته .

باطن الشمس

وها نحن أولاء نجد المجال قد انتقل بنا إلى معالجة موضوع باطن الشمس. فنحن لم نتكلم حتى الآن إلا عن أجزاء الشمس الظاهرة التى يمكن رؤيتها — أى عن «بشرة» الشمس . أما باطن الشمس فلا ريب أن الأحوال فيه مختلفة عن الظاهر جد الإختلاف . ونستطيع أن نتبين — دون حاجه إلى الإلمام بغير قوانين الطبيعة الأولية - أن الشمس وسائر النجوم إطلاقا ، تتألف من مواد غازية ، سواء فى ظاهرها وباطنها ، وأن درجة الحرارة والضغط تأخذان فى الإرتفاع كلما اتجهنا صوب المركز .

ومن الحقائق المتعارفة ، أن أهم ماتتوقف عليه درجة حرارة النجم المركزية هو قطره ، وكتلته ، وأنها تتناسب مع متوسط كتلة الحبيبات التى يتركب منها .

ويسمى متوسط كتلة الحبيبات « الوزن الجزيئى المتوسط » . ويكون هذا الوزن الجزيئى المتوسط أقل مايمكن إذا كان النجم كله مؤلفا من عنصر الأيدروجين وحده ، ولكنه يزيد شيئا ما - وإن تكن زيادة طفيفة - إذا زادت فيه نسبة العناصر الأثقل من الأيدروجين.

والسبب فى هذه الخاصية التى تبدو عجيبة هو أن باطن النجوم يبلغ من شدة الحرارة حدا تنفصل فيه جميع إلكترونات الذرات ، فيعتبر كل إلكترون

فى هذه الحالة حبيبة فى حساب الكتلة المتوسطة للحبيبات الفردية . وكتلة الإلكترونات ضئيلة إلى حد يمكن إعتبارها معه كما « مهملا » حتى بمقارنتها بنواة الأيدروجين ـ وهو أخف العناصر.[1]

وإذا اتخذنا نواة الأيدروجين كوحدة فإن النجم الذى يتكون من الأيدروجين الخالص يكون « وزنه الجزيئى المتوسط » مساوياً ½ . وأما إذا كان النجم مكونا من الهليوم الخالص ، الذى يبلغ وزن نواته أربعة أضعاف وزن نواة الأيدروجين والذى يمكن أن ينفصل عنه الكترونان ، فإن الوزن الجزيئى المتوسط يكون ⁴⁄₃ أو ١,٣٣ . وحتى إذا كان النجم مكونا من اليورانيوم الخالص الذى يحتوى على ٩٢ الكترونا ، ويساوى وزنه الذرى ٢٣٨ مرة الوزن الذرى للأيدروجين فإن الوزن الجزيئى المتوسط له لن يزيد على ²³⁸⁄₉₃ أو ٢,٥٥ .

ولما كانت معظم النجوم تتألف غالباً من الأيدروجين فإن الوزن الجزيئى المتوسط لها يتراوح عادة بين ½ ، ١½ ومن ثمة فلن يكون الإختلاف كبيرا بين درجات الحرارة المركزية للنجوم المتحدة فى الكتلة والحجم والمختلفة فى التركيب إذ لن تزيد درجة حرارة أشدها حرارة عن ضعفى أو ثلاثة أضعاف أقلها حرارة .

وبالإضافة إلى حجم النجم وكتلته ، فإذا عرفنا الطاقة الكلية المنطلقة من نجم ما (وهو ما يعرف باللمعان) فإننا نستطيع بنفس هذه النظرية أن نحسب

---

(١) أطلق على الذرات هذا الإسم لأنه كان يظن أنها لا تقبل الإنقسام ولكنها فى الواقع أجسام مركبة وتتركز معظم كتلها فى القلب المركزى أو ما يسمى بالنواة ويطوف حولها سحابة من إلكترونات والإلكترونات تعطى الذرة خصائصها الكيمياوية ومعظم خصائصها الطبيعية أيضا .

الوزن الجزيئى المتوسط ، وهو يتفق مع الرأى القائل بأن النجم يتكون من نسبة معينة من الأيدروجين والهليوم والعناصر الثقيلة . وقد وجد أن درجة حرارة مركز الشمس حوالى ١٨ مليون درجة ، ويكاد يكون مؤكدا أن درجة الحرارة تضطرد فى الإرتفاع كلما اتجهنا من السطح إلى المركز .

وهنا نجد أنفسنا إزاء تناقض ظاهرى عجيب : فأقل المناطق فى درجة الحرارة فى الشمس ، هو سطحها ، أو مادون السطح بقليل ، فى قلب البقع الشمسية ، ثم تأخذ درجة الحرارة فى الإرتفاع مرة أخرى إذا إتجهنا خارج الشمس عبر المنطقة الجوية والهالة الشمسية .

فالظاهرتان اللتان تسودان داخل الشمس هما إرتفاع درجة الحرارة واشتداد الضغط . وارتفاع درجة الحرارة هو السبب فى أن مادة الشمس تسلك مسلك الغاز المثالى ، حتى عند مركزها . فشدة درجة الحرارة تنزع عن الذرات إلكتروناتها الملازمة لها ، وتحيلها إلى شظايا صغيرة أصغر مما هو موجود عند السطح ، وتجعلها فى حالة أكثر ملاءمة للتماسك والتلاحم دون أن تخرق القوانين التى تتحكم فى سلوك الغازات .

مصدر الطاقة الشمسية

يكمن فى باطن الشمس الساخنة مصدر الضوء والحرارة . فعند درجة حرارة ١٨ مليونا تكون الذرات فى حالة تجعلها قادرة على التفاعل مع بعضها البعض وعلى تحويل بعض مادتها إلى طاقة .

وليس ثمة مصدر آخر يمكنه أن ينتج — على مدى ملايين السنين — هذا المدد المتواصل من الطاقة الجبارة . وقد ظلت مسألة مصدر طاقة الشمس مدة طويلة لغزا محيرا . فما هو مصدر طاقة الشمس ؟ .... الاحتراق ؟ ... التفاعل الكيماوى ؟ ... الانكماش التجاذبى ؟ ... سحب الطاقة من الوسط المحيط بها ؟ ... كلها فروض ثبت أنها قاصرة قصورا بينا عن تفسير حقيقة الطاقة . وقد ظل العلماء يتخبطون

فى فروضهم ونظرياتهم حتى بدا لهم أن نظرية الطاقة النووية هى طريق الخلاص الوحيد. وقد تبدت لهم هذه الحقيقة قبل أن يفهموا حقيقة هذه العملية فهما دقيقا بوقت طويل.

فقد تساءل العلامة إدنجتن Eddington منذ ربع قرن: «هل تنطلق الطاقة من المادة عند درجة حرارة ٤٠ مليون درجة انطلاقا حرا يشبه انطلاق البخار من الماء عند درجة حرارة ١٠٠ م؟».

واليوم تجيب بحوث الطبيعة النووية على هذا السؤال بالإيجاب، وقد أيدت التجارب هذا الجواب، وشوهدت المادة وهى تتحول فعلا إلى طاقة فى المعامل. فباطن الشمس يطلق الطاقة بوساطة عامل مساعد كما يجرى فى الكيمياء الذرية. ولكن المواد المتفاعلة فى الشمس هى النوى مجردة عارية وليست الذرات مكسوة بضباب الإلكترونات.

وقد أكتشف كل من هانزبيت Hans Beth، وفون فيساكر Von Weiszäcker — وفى وقت واحد تقريبا — أن نوى الأيدروجين سيتحد، فى سلسلة من التفاعلات النووية — تدخل فيها نوى الكربون كعامل مساعد — وقد اتضح أن أربعا من نوى الأيدروجين يتحد مكونا نواة من الهليوم.

ويكون وزن الهليوم أخف من مجموع أوزان نوى الأيدروجين بمقدار ٠٫٧ ٪ تقريبا. وهذا النقص فى الكتلة يتحول إلى طاقة تجتاز طريقها من باطن الشمس إلى سطحها فى تدفق متصل متواصل.

ولا يستطيع التفاعل أن ينتج طاقة كافية إلا عند درجات حرارة تتراوح بين ١٥ مليونا، ٢٠ مليونا من الدرجات. ومعدل إنطلاق الطاقة يتوقف على الأس الثامن عشر لدرجة الحرارة، ومن ثمة فمعظم طاقة الشمس تصدر من

حادة المنطقة المركزية حيث تكون درجة الحرارة على أشدها .

وعند درجة حرارة ١٥ مليون درجة يكون الضوء المنبعث مشابها للأشعة السينية (وفيها يكون الضوء بنفسجيا أكثر من الضوء الفوق البنفسجى) ، ويتدفق الضوء إلى الخارج وتتلقفه الأيدى — إن صح هـذا التعبير — عبر إلـكترونات وذرات الطبقات المتراكمة فوق قلب الشمس، وتزداد حمرة الضوء باستمرار خلال هـذه العملية حتى أنه عندما يصل إلى السطح يكون لون الضوء أصفر مائل للخضرة(١) .

وتوهج الشمس ليس الا أثرا من آثار الطعام الذى تتناوله ، وما طعامها إلا مادة جسمها ، وما أبسطه !... إنها لا تتناول من صنوف الغذاء — حسب ما نعلم — إلا لونا واحدا هو الأيدروجين .

هذا اللون من الطعام هو الذى يقوم بأود سائر النجوم الأخرى . وربما أتيحت لأطفال النجوم أن تتناول ألوانا أخرى من الطعام ولـكن عهد طفولتها لا يستغرق طويلا ، وربما كان السبب راجعا إلى أن ألوان الطعام الأخرى ، غير الأيدروجين ، غير متوافرة .

على أن عمليات الهضم قد تختلف شيئا ما بين أنواع النجوم المختلفة . فإذا كانت درجة الحـــرارة أدنى من ١٥ مليونا من الدرجات ، فان دورة الهضم التى يساعد الـكربون على إتمامها يمكن أن تتم بطرق أخرى ، كالإتحاد المباشر بين البروتونات (نوى الأيدروجين) لتـكوين الهليوم — وهذا هو مايسمى

---

(١) يعطى سطح الشمس فى الواقع كميات كبيرة إلى حد يدعو إلى العجب من الإشعاعات ذات الموجة المتناهية فى القصر وهى كميات أكبر بكثير مما ينتظر عندما يكون الضوء موزعا تبعا للقوانين الأولية لإشعاعات الأجسام التى يطلق عليها إسم الأجسام السوداء (وهو اصطلاح يبدو فى السمع متناقضا وهو يرمز إلى سطح يمتص ويشع بطريقة مثالية تبعا لقوانين معينة مستنتجة من نظرية الكم)

بتفاعل البروتون والبروتون . ويظل الطعام كما هو ويهضم الأيدروجين ويتخلف الهليوم.

وقد ظلت الشمس تتغذى على أجزائها الباطنة مدى عشرات بل آلاف ملايين السنين ، ومع ذلك ظلت مكونة فى معظمها من الأيدروجين ، الذى يكفى لاستمرار الحال جاريا على نفس الوتيرة لمدة لا تقل طولا عن المدة الماضية .

ومعظم النجوم الأخرى غنية هى الأخرى بمادتها الحيوية ، ويقدر لها مايقدر للشمس من مستقبل باهر . وقد يبدو من التناقض أن مستقبل النجوم التى تتغذى على الأيدروجين أزهر من ماضيها ، لأن تألق نجم ما ذى حجم معين وكتلة معينة يتوقف أساسيا على الوزن الجزئى المتوسط لمادته . ولما كانت كمية الايدروجين تتناقص ببطء ، فإن الوزن الجزيئى المتوسط يزيد بالتدريج وبهذا يزداد تألق النجم مالم يحدث تغير شامل فى نظام تركيبه الداخلى .

وقد أثبت الفلكى العظيم إدنجتن ـ قبل أن يتعرف العلماء على العملية الحقيقية لغذاء النجوم ـ أنه كلما زادت كتلة النجم ، زادت الطاقة المنطلقة منه . والواقع أن الطاقة المنطلقة من نجم ذى تركيب معين ، يتناسب مع مقدار يتراوح بين الأس الثالث والأس الرابع لكتلته . وتخضع الأغلبية العظمى للنجوم التى عرفت كتلتها ، لهذا القانون خضوعا يوشك أن يكون تاما .

ويسمى هذا القانون بقانون الكتلة واللمعان ومعظم النجوم التى لا تنتظم تماما فى هذا القانون ، لاتحيد إلا قليلا عنه . وهذا الحيود يمكن رده إلى الفروق الممكنة فى الوزن الجزيئى المتوسط نتيجة لاختلاف التركيب الكيماوى . وقد بينا من قبل أن مدى هذه الفروق صغير لايتجاوز الضعف أو ثلاثة الأمثال .

على أن هناك نجوما لاتخضع لهذا القانون ، كما سنرى فيما بعد إن شاء الله ـ وهذا النوع من النجوم يمكن أن نعتبره شواهد تنير لنا الطريق لدراسة نظريات تطور النجوم .

ويقدر لمعان الشمس ـ أو أى نجم آخر ـ بكمية ماتشعه بالأطنان فى الثانية فلو فرض أن لمعان النجم يتناسب مع كتلته ، لكان معنى هذا أن جميع النجوم المتحدة فى التركيب تتساوى فى طول المدة التى يقدر لها أن يعيشها ولكن الواقع أن هناك من النجوم ماهو أكبر كتلة من الشمس ، ولكنه يستهلك نفسه بأسرع مما تفعل الشمس .

فالنجم الذى تساوى كتلته ضعف كتلة الشمس أسرع تبديدا لكتلته من الشمس إثنتى عشرة مرة — والنجم الذى تزيد كتلته على كتلة الشمس عشر مرات أسرع فى التهام نفسه من الشمس ألف مرة ـ وتتصاعد سرعة الإستهلاك إلى مليون مرة فى حالة النجم الذى تكون كتلته قدر كتلة الشمس مائة مرة ، ويكون إحتمال بقائه حيا أقل من إحتمال بقاء الشمس مليون مرة . وبهذه الطريقة التى اعتدنا أن نسلكها فى حساب حياة النجوم ، يمكننا أن نقدر العمر الكلى لنجم كالشمس بحوالى ٥٠٠٠ مليون سنة ، فإذا كان ثمة نجوم تبلغ كتلتها قدر كتلة الشمس مائة مرة ، فإن عمر نشاطها يقدر بآلاف السنين لابملايينها . ولابد أن يجىء عليها اليوم الذى يصيبها فيه الخمود التام فى الوقت الذى تكون شمسنا فيه لاتزال تشع طاقتها إشعاعا دائبا فى بريق متصل لايهمد ـ ومثل هذه النجوم الخامدة الهامدة المستهلكة موجودة فعلا ـ والأمارة التى يمكن تمييزها بها هى أن بريقها أخفت مما يتوقع أن يكون عليه إذا طبقنا قانون الكتلة ـ اللمعان . . . . فضوؤها ضعيف لأنها استهلكت مصادرها النووية الداخلية ، واستنفدت كل ذخيرتها من الأيدروجين وبات معنى « وجودها » محصورا فيما تبقى لها من رصيد محدود ، هو قوة الجاذبية (الإنكماشية) [1] .

---

(١) فان فى وسع النجم ـ بانكماش حجمه ـ أن يحول طاقته التثاقلية إلى ضوء وحرارة.

والواقع أن الشمس تعتبر مرآة للكون كله ، فدراستها تعتبر إلى حد كبير دراسة لسائر النجوم فهى ـ شأنها فى شأن النجوم الأخرى ـ كرة من الغاز المتوهج، يكون على أسخن حالاته وأكثفها فى الباطن، وسطحها بحر متلاطم من الذرات يغلى ويفور ، وتسبح من حولها الغازات كأنها الريش متطايرا فى الهواء، وتندفع خيوط متوهجة مصعدة متعالية ، بينما تهبط نافورات لامعة كأنها الشلالات وتدوم فى سطحها أعاصير جبارة وتندفع كالسهام لهبيا مارقا جارفا مندفعا لا يلوى على شىء، ثم تنقشع إنقشاعاً وكأنها لم تكن ، وتتوهج الخوافق تخطف البصر ثم تختفى وتتلاشى . ويحتويها جو لامع يحيط بها من جميع أنحائها كما يحيط الخاتم بالإصبع ومن حول هذا الجو يومض الإكليل الشمسى وتتوهج هالتها وتفعل القوى المغنيطية الشديدة فعلها عبر سطحها، وتتناثر الذرات والإلكترونات منها فى الفراغ، وفيما هى تدور حول محورها يكون خط إستوائها أسرع دورانا ويكون فى المقدمة دائما ، وتنبثق البقع الشمسية على وجهها فى دورة إيقاعية بطيئة رتيبه ، وتبلغ أقصى حالات نموها كل أحدعشر عاما ثم تتضاءل وتزول... ياله من مشهد ـ مشهد هذه الشمس التى تعتبر بحق مرآة رائعة للكون ـ فهذا الذى يحدث للشمس يحدث لسائر النجوم، ودراسة «عادات النجوم» هو مفتاح لتاريخها . إن الشمس مكونة من الأيدروجين، مضافا اليه كميات ضئيلة (على الرجحة)(١) من المواد الأخرى، وهذا هو شأن النجوم الأخرى . واستهلاكها المنظم الرتيب للأيدروجين هو الذى يبقى على توهجها، وأكثر النجوم لا تتغذى إلا بهذه الطريقة .

فأينما وجهنا أنظارنا الى العوالم، لم نجد إلا نفس القوى تفعل فعلها، ونفس الظاهرات تلعب دورها ،ـ ولكن على نطاق أوسع تبدو الشمس بازائه وكأنها قزم ضئيل ـ .لقد كان أول شخصية «قدمناها» على المسرح هو الشمس

---

(١) على حد قول العالم روزيلاند Rosseland .

فلنعرج إلى سائر النجوم ، وهى أعضاء من نفس الطائفة التى فيها الشمس ولنقدمها إلى النظارة عسى أن يستطيعوا المقارنة بينها وبين هذا الممثل الذى عرفوه وألفوه .

الجبار والنجم الكلب

إنحدرت إلينا الكوكبات من الماضى السحيق ، فالأسماء التى نطلقها على كوكبات الجبار أى الصياد القوى ، والنجم الكلب أى الشعرى اليمانية ، ليست إلا الأسماء التى كان يعرفها بها هوميروس . وهذه النجوم تتلألأ فى سماء ليل الشتاء ، بجانب الطريق اللبنى ، فترى الجبار وقد تألق بمنطقته وسيفه ، وإلى جانبه الكلب الكبير وإلى ورائه الكلب الصغير .

ويعتبر الشعرى اليمانية — النجم الكلب — ألمع نجوم سماء الليل إطلاقا . ولكنه لمعان خادع ، فهو يرجع إلى شدة قربه منا . ولكنه يعتبر فى الواقع من ألمع النجوم ، فلمعانه يعادل لمعان الشمس أربعين مرة(١) ، وقطره يعادل ضعفى قطرها ، ووزنه حوالى ضعفى وزنها ، ودرجة حرارة سطحه تعادل حوالى ضعفى درجة حرارة سطحها .

والنجوم التى تشبه الشعرى اليمانية ليست قليلة بل إنها على درجة من الشيوع لا بأس بها — وإن تكن النجوم التى تشبه شمسنا أكثر منها عددا — فالنسر الواقع ، مثلا ، يكاد أن يكون كالشعرى اليمانية حجما ، وتألقـا ، ووزنا ، ودرجة حرارة .

---

(١) ولكن الشعرى اليمانية لا تظهر لنا ألمع من الشمس أربعين مرة ، لأنها أبعد منها كثيراً . فلو أن الشعرى اليمانية قد وضعت مكان الشمس ، لبدا لنا ضوؤها ألمع من ضوء الشمس أربعين مرة ولكى يمكن مقارنة لمعان النجوم أو شدة تألقها ، درج علماء الفلك على أن يتخيلوا أنها اصطفت على مسافة واحدة منا ، ومن ثمة يستطيعون أن يعقدوا المقارنة بين درجات تألقها . ويطلق على درجة اللمعان عند المسافة المصطلح عليها (وهى بعد الشمس عنا) اسم «التألق المطلق» أو «القدر المطلق»

ولكن للشعرى اليمانية ميزة لانجدها فى النسر الواقع ، إذ يصحبها نجم آخر أخفت منها ضوءا ،فنطلق عليه أحيانا هذا الاسم الثانى« الجرو»(انظر شكل١) ويدور أحدهما حول الآخر فى مدارات إهليلجية بتـــأثير قوة الجذب المتبادل بينهما .

وكتلة الجرو تعادل كتلة الشمس أو تكاد ، ولكن سطحه أسخن من سطحها نوعا ما وقطره لا يزيد على ٣ ٪ من قطرها ، ولمعانه يبلغ ٢ ٪ من لمعانها ، وهذا خرق صارخ للقاعدة التى تقول أن لمعان نجم يتوقف على كتلته، فلو أن « الجرو » كان خاضعا للقانون الخاص بعلاقة الكتلة باللمعان لوجب أن يكون لمعانه أكبر من لمعانه الحالى ٥٠ مرة .

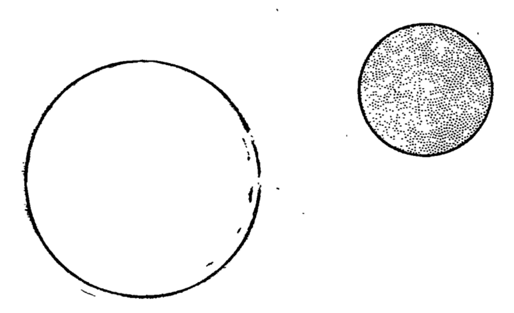
والواقع أن الجرو حالة من حالات الخمود أو الإفلاس النجمى ، إستهلك كل ما كان متاحاً له من وقود الأيدروجين ، وهو لا يبدو لامعا إلا بفضل إنكماشه البطىء ، فتتحول طاقته التثاقلية إلى ضوء .

ووزن الجرو يعادل وزن الشمس ، إلا أن حجمه لايزيد على جزء من ٢٥ ألف جزء من حجمها ، فمادته مكدسة بعضهافوق بعض تكدساً شديداً حتى أن البوصة المكعبة منه تزن طنا كاملا .

ومن المدهش ، بعد هذا كله ، أن نعلم أن مادة الجرو ، فى كل أنحائه ، غازية ، وأن هذه المادة قد وصلت إلى الحالة التى يطلق عليها اسم « حالة المسخ » أو حالة « الإنتكاس » وهى حالة تكون فيها المادة عاجزة تماما عن توليد أية طاقة إلا الطاقة الناشئة عن الإنكماش . وهذا النجم — ومن الأصوب أن نطلق عليه « رفيق الشعرى اليمانية » — هو أول حالة خمود تكتشف بين النجوم .

ورفيق الشعرى اليمانية أحد أفراد المجموعة المسماة بالأقزام البيض ، وهو أقرب نجوم هذه المجموعة ، وأطوعها للشاهدة والمراقبة والرصد .

وعلى ما فى رفيق الشعرى اليمانية من غرابة الطبع ، فليس هذا النجم فريداً فى بابه . فمن بين النجوم القريبة من الشمس (وبالتالى القريبة منا) — وعددها خمسة وعشرون نجماً — يوجد ثلاثة نجوم من نوع الأقزام البيض ، فى مقابل نجم واحد فقط من طراز الشعرى اليمانية . وقد عرف من هذه الأقزام البيض مئتان والفضل أكبر الفضل فى معرفتها يعود إلى مجهودات العلامة لويتين Luyton .



شكل ١ — الشعرى اليمانية ورفيقها مصغرين بنسبة واحدة . الدائرة المظللة تمثل الشمس بنفس مقياس الرسم . فى هذا الشكل وفى غيره من الأشكال التى سترد فيما بعد تدل درجة التظليل دلالة عكسية على درجة الحرارة . فكلما كان التظليل ثقيلا كانت درجة الحرارة أخف .

وإذا وضعنا نصب أعيننا أن الأقزام البيض خافتة خابية ، وأن دون العثور عليها جهوداً شاقة ، لأدركنا أنها لا يبعد أن تكون فى عددها خمسة أضعاف أو عشرة أضعاف النجوم المماثلة للشعرى اليمانية . بل ربما كانت أكثر شيوعاً فى هذا الجزء المحيط بنا من الكون من النجوم المماثلة للشمس .

والواقع أن الشعرى اليمانية يعتبر فى وجوده أقرب إلى الشذوذ من تابعه

الخافت ، برغم أن خواصه تبدو لنا أقل إثارة للدهشة منه. فإذا حاولنا أن تؤلف أجزاء قصة تطور النجوم فيجب أن نخصص للأقزام البيض — على مافى خصائصها من غرابة — أدوارا رئيسية فى هذه المسرحية .

وننتقل الآن إلى الحديث عن الشعرى الشامية — نجم الكلب الصغير ، وهو يقع فى مرتبة وسطى بين الشمس والشعرى اليمانية ، من حيث حجمه ، وكتلته ، ولمعانه ، ودرجة حرارته ، وإن كان أقرب إلى الشمس فى كل هذه الصفات .

وللشعرى الشامية — شأن الشعرى اليمانية — رفيق من الأقزام البيض غير أنه أصغر حجما وأخفت ضوءا من الجرو — ونظراً إلى خفوت ضوئه ، لم نستطع أن نحصل على صورة فوتوغرافية له تتوافر فيها الدقة التى تتوافر فى الصور التى تمكنا من أخذها للجرو .

وهناك قزم أبيض ثالث ، سمى باسم مكتشفه نجم فان مانين Van Maanen ويلوح أنه نجم مفرد . وهو بدوره أصغر حجما وأخفت ضوءا من رفيق الشعرى اليمانية ، ويبلغ قطره جزءا من سبعة آلاف جزء من قطر الشمس ، ولمعانه لا يزيد على جزء من عشرة آلاف جزء من لمعانها .

وأصغر الأقزام البيض المعروفة لنا يقارب فى حجمه حجم الكوكب عطارد . ويتراوح حجم معظم الأقزام البيض بين حجم الأرض وحجم السيار أورانوس . وسنلتقى بالأقزام البيض مرة أخرى حين نتعرض لوصف اللقطات التى نصورها لجموع النجوم .

والنجوم الخامدة ظاهرة شائعة ، تبلغ من الشيوع حدا يحملنا على الإعتقاد بأن الظروف التى أدت إليها ظروف طبيعية عادية . ولا بد لنا أن نتساءل أثمة مناص للنجوم من الوقوع فى هاوية الإفلاس ؟ ولكن هذا المبحث يعتبر جزءا من المسرحية ومهمتنا فى هذا الفصل لا تعدو مجرد التعريف بالشخصيات وتقديمها إلى جمهور القراء .

إن الشعرى اليمانية تبدو لامعة لأنها قريبة منا قربا مناسبا ، ولكن معظم

النجوم التى يمكن رؤيتها بالعين المجردة فى كوكبة الجبار ألمع بكثير من الشعرى اليمانية . فالنجم المسمى سلسلة اللآلىء — وهو النجم المركزى فى حزام الجبار يفوق لمعانه لمعان الشمس (١) ٦٠٠ مرة على الأقل ، ودرجة حرارة سطحه تبلغ أربعة أضعاف درجة حرارة سطح الشمس ، وقطره أضعاف قطرها ، أما كتلته فلعلها تفوق كتلتها عشرين مرة .

ونجم سلسلة اللآلىء تتمثل فيه خصائص النجوم الزرقاء فى كوكبة الجبار ، وهناك عدد من هذه النجوم يوجد على شكل مجموعات توأمية .

وهناك ماهو أشد حرارة من هذه النجوم ، نعنى بها هذه العقدة النجمية الصغيرة التى تكون النجم المركزى فى سيف الجبار ، وتسمى نجوم الرباعى العظيم ، ويمكن رؤية ثمانية نجوم منها ، وبعضها — إن لم يكن كلها — توجد على الحالة التوأمية .

ونجوم الرباعى تبلغ من الحرارة حدا يثير وهجا فى سحب الغاز المحيطة بها .

ولكن هناك مايفوق كل ماذكر فى شدة الحرارة وقوة اللمعان ، وهو توأم جبار من التوائم النجمية فى كوكبة الكلب العظيم (٢) نطلق عليه اسم و . ى . الكلب العظيم وهو من ألمع النجوم الكسوفية (٣) التى تبدو للعين المجردة .

---

(١) إذا ذكرت « اللمعان » فإنما أعنى به — هنا وفى كل معرض آخر — اللمعان « الحقيقى » أو « المطلق » للنجم — أى اللمعان الذى كان يمكن أن يبدو عليه النجم لو أنه كان على مسافة تساوى المسافة بيننا وبين الشمس .

(٢) وهذا النجم — شأن عدة آلاف أخرى من النجوم — يختلف من حيث اللمعان . ومثل هذه النجوم فى حاجة إلى أسماء مميزة ، ويحصل عليها بإضافة حرف أو حرفين للإسم اللاتينى للكوكبة التى توجد فيها .

(٣) موضوع النجوم الكسوفية تجده مفصلا فى الفصل الثالث (المترجم) .

وتبلغ درجة حرارة هذا التوأم خمسة أضعاف درجة حرارة الشمس ، وقطره قدر قطرها ثلاثين مرة ، وكتلته تفوق كتلتها بأكثر من عشرين مرة ، وبريقه يفوق بريقها عشرة آلاف مرة . ومن ثمة يمكن إعتبار هذا النوع من النجوم «ممثلين» ظاهرين وشخصيات بارزة فى مسرحية تطور النجوم .

وبرغم أن هذا الضرب من النجوم يفرض نفسه علينا فرضا بما له من لمعان خلاب ، فإنها لا تعتبر نجوما شائعة . فلقاء كل نجم منها ، نجد ألفاً من أمثال الشعرى اليمانية ، ومائة الف من النجوم مثيلات شمسنا .

النجوم العمالقة العليا

وهناك نجم أزرق يدعى « راعى الجوزاء » فى كعب الجبار وهو لا يقل لمعانا عن النجوم التى تحدثنا عنها آنفاً .

فلمعانه يفوق لمعان الشمس حوالى ٢٠,٠٠٠ مرة ، وحرارته أعلى نوعا ما من درجة حرارة الشعرى اليمانية ، أما من حيث الحجم فإنه يفوقها بمراحل ، وربما بلغ قطره قطر النجم الكلب ١٥ مرة .

ولهذا النجم طبقة كرية ملونة ضخمة ، يضيؤها (ضوءاً متقطعاً) شيء أشبه مايكون بنتوءات . وهى نتوءات يبلغ وهجها حدا يجعل ضوء ذراتها الأيدروجينية يظهر ولا يخبو إذا قورن بسطح النجم اللامع .

ويظهر من الخطوط التفصيلية الدقيقة للخطوط الذرية أن جو « راعى الجوزاء » أشد رقة من جو الشمس .

أما كتلة «راعى الجوزاء» فغير معروفة ، ولكنها على أى حال تفوق كتلة الشمس ٤٠ مرة على الأقل .

ولما كان لمعان راعى الجوزاء يعادل لمعان الشمس ٢٠,٠٠٠ مرة ويتدفق

منه ٨٠,٠٠٠ مليون طن من الضوء فى الثانيـة ، فهو إذن أسرع فى استهلاك مادته عن الشمس بقدر ٥٠٠ مرة ، وبالتالى ستكون حياته أقصر من حياة الشمس بنفس النسبة .

فإذا قدر للشمس أن تعيش ٥٠٠٠ مليون عام ، فلن يقدر لراعى الجوزاء أن يعيش أكثر من ١٠ ملايين من السنين .

وبعبارة أخرى . لو كانت المدة التى قضاها هذا النجم لامعا فى السماء تبلغ ١٠ ملايين من السنين ، لكان قد وصل الآن إلى حالة الإفلاس. ولكن راعى الجوزاءأبعد مايكون عن الإفلاس، فهو واحدمن أشدالنجوم سخاءوإسرافاً.وإذن لا يسعناإلا أن نستنبط أن عمره لابدأن يكون أقل من ١٠ ملايين من السنين .

فإذا سرنا من راعى الجوزاء عبر الكوكبـة لوجدنا نجم « إبط الجوزاء » اللامع ذا الضوء المختلج الوردى وهو فى مرتبـة بين نجم النسر الواقع وراعى الجوزاء من حيث اللمعان، ولكنه أبرد من أيهمافدرجة حرارة سطحه تقارب نصف درجة حرارة سطح الشمس .

وهو يعـــد من أكبر النجوم ، فقطره يعادل قطر الشمس ثلثمائة مرة وكثافته أدنى من جزء من مليون من كثافة الشمس . وضوء « إبط الجوزاء » غير ثابت ، ومحتمل أن يكون النجم الرفيق متذبذباً ويصاحب هـذا التذبذب تغير فى الحجم ، وربما فى الشكل أيضاً .

ولكن على الرغم من رقة إبط الجوزاء وشفافيته فإن كثافته عند المركز عالية وهو متماسك تحت تأثير الجذب . وربما كان له جسم نجم يشبه نجم سلسلة اللآلىء ، يحيط به جو بارد يشغل حيزا شاسعاً .

ويمكن ملاحظة الحركات العنيفة فى الغلاف الجوى لإبط الجوزاء كما يظهر ضوء نتوءات الكالسيوم فى طيفه . وإذا استطعنا أن نتصور نتوءات شمسنا

وقد كبرت إلى ما يفوقها حجماً أضعافاً مضاعفة ، لأمكننا أن نكون فكرة عن نتوءات هذا النجم ، التى يبلغ من شدة وهجها أنها تطمس تماما سطح النجم الذى يكمن داخلها .

ولكن فصائل راعى الجوزاء وإبط الجوزاء من النجوم ليست شائعة . فإذا حاولنا أن نصور تاريخ حياة النجوم العادية ، فلن نكون مخطئين إذا أسقطنا أمثال هذين النجمين من حسابنا إسقاطا . فهما يختلفان عن سائر النجوم العادية فى إسرافهما الشديد فى طاقتهما ، كما أن حجمهما فوق المعدل ، ولا بد أنهما فى عمرهما تحت المعدل . وهما يختلفان فيما بينهما ، إختلافا كبيراً من حيث الظاهر ، ولكن يبدو أن لكل منهما طبقة كرية ملونة هائلة . وهذه ظاهرة يغلب وجودها فى النجوم التى تتصف بالإسراف . وهما لا يختلفان عن سائر النجوم فى النوع وإنما يختلفان فى الدرجة .

النجوم المتغيرة

وفوق كتف العملاق نجم غير واضح يسمى ى الجبار . وهو واحد من تلك الطائفة الكبيرة العدد التى تعرف بالمتغيرات الطويلة الأمد . وهو فى حجمه يكاد يبلغ حجم إبط الجوزاء ، ولكن سطحه أبرد نوعا من سطحه . وبريقه لا يسطع فى غير انتظام ، ولكنه يبدو للعين متقلبا فى تعاقب منتظم رتيب ، ويتضاعف لمعانه مائة ضعف* مرة كل عام .

ولكن ى الجبار فى أشد حالات تألقه لا يكاد يبلغ عشر تألق إبط الجوزاء ومع ذلك فهو ما زال ألمع من شمسنا بمقدار مائة ضعف ، ويكاد يكون من المحقق أن هذا النجم يتذبذب وينبض نبضا رتيبا ، كلما خبا أو تألق .

(*) إن التغير فى اللمعان أمر حقيقى ، ولكن الكيفية التى تراه بها العين ليست إلا وهما ، فالنجم يزداد برودة كلما إزداد ضوءه خفوتا ، والحد الأقصى للضوء يصل إلى حدود الضوء تحت الأحمر ، بعيدا عن المنطقة التى يمكن للعين تمييزها . فالتغير فى لمعان الضوء كله يقدر بحوالى الضعف تقريبا .

وقد أظهر الفحص الدقيق لطيف هـذا النجم أنه محوط بغلاف رقيق شفيف من الغازات الباردة كتلك التى بيناها فى حديثنا عن إبط الجوزاء، ولـكن غلافه ليس معتما إلى الحد الذى يخفى الإشعاعات المتألقة لذرات الأيدروجين أوغيره، وهى تبدو على أوضحها وأجلاها حين يكون النجم متألقا، وتوحى بوجود نوع من الطبقات الداخلية الكرية الملونة على درجة عالية من الحرارة وهناك أكثر من شاهد واحد يحملنا على الترجيح بأن التغير الرتيب فى هـذا النجم يصحبه إنفجارات فى الذرات كالجداول ذاهبة إلى الفضاء المحيط بالنجم . وهى ظاهرة تشبه الظاهرة التى تحدث فى الشمس ، ولـكن على نطاق أوسع ومدى أكبر والنجم ى الجبار ، كالشمس ، يكشف عن تغيرات واسعة النطاق تطرأ على حالته مما لانتوقع حدوثه على سطح نجم واحد .

فدراسة طيف هذا النجم تدل على وجود مركبات كيماوية ، كأكسـيد التيتانيوم والزركونيوم (التى لا يمكن وجودها إلا فى درجات الحرارة المنخفضة) وعلى وجود خطوط لامعة من الأيدروجين (لا يتوقع وجودها إلا فى درجات حرارة تفوق درجة حرارة النجم ثلاث مرات) .

وعندما يكون النجم باهتا ، نرى وقد أحاط به نوع من ذرات الحـديد — حديد فى أقصى حالات الإنتشار — ويحتمل أن يكون على شكل سحابة من بخار الحديد تندفع فى الفضاء . ونشاهد أمثال هـذه الإشعاعات فى المناطق المجاورة المتفجرة ، ولا يمكن ظهورها — حسب ما نعلم — إلا على أبعـاد كبيرة من سطح النجم . . . . .

والمتغيرات ذات الأمد الطويل أقرب ما تكون إلى لغز من الألغاز ، ولـكن فى شمسنا مفتاح هذا اللغز . . . . فلو تصورنا شمسنا منتفخة متمددة ، تنبض نبضا رتيبا ، ويحيط بها غلاف كرى ملون مترام وتندلع منهـا نتوءات هائلة فائقة النشاط — لتـكون لنا من هذا كله صورة هى أشبه ما تـكون بالنجم ى الجبار .

وفى كوكبة أخرى ، يوجد نجم أشد إمعانا فى الغموض — هو النجم المتغير « ز المرأة المسلسلة » فهذا النجم أيضا تنتابه إختلافات فى اللمعان تجرى على شيء من الإنتظام . فهو تارة خافت اللمعان وأحيانا يلتمع إلتماعا فائقا مصحوبا بانفجار قوى عات ، ويحدث هذا دائما على فترات منتظمة يبلغ طول كل منها ثلاثة أعوام .

ويشاهد فى طيف هذا النجم تارة طيف مركبات كيماوية معينة ، يدل وجودها على درجة حرارة منخفضة ، كما يشاهد فيه تارة أخرى خطوط طيفية متغيرة لامعة تثير الدهشة ، يدل وجودها على درجة حرارة غاية فى الإرتفاع ، وتشتد زرقة النجم كلما زاد إلتماعه ، وقد يبلغ هذا الإلتماع حـــدا فائقا فى سرعة خاطفة .

وتدل دراسة الأطياف المختلفة لهذا النجم على مدى ما يعتوره من إختلاف فى درجة الحرارة فقد تعلو حرارته حتى تصل إلى درجة حرارة هالة الشمس (أى مليون درجة) ، وقد تهبط حتى لا تزيد على ٣٠٠٠° (وهى درجة حرارة سطح النجم إبط الجوزاء) .

وقد درج العلماء على إعتبار أمثال « ز المرأة المسلسلة » وهـو يمثل طائفة ضخمة من النجوم ، مزدوجا توأمياً يتكون من نجم بارد مقترن بنجم حار متفجر . وجميع العناصر التى توجد فى أمثال هذه النجوم لا تخرج عن العناصر الموجودة فى الشمس . ولو تصورنا ألسنة متوهجة متقطعة ، وطبقة كرية ملونه لامعة وهالة وضاءة ، لتكون لنا من مجموع هذا كله صورة نجم من هذه النجوم .

ولـكن هذه النجوم تنفرد بخصائص لا توجد فى الشمس ، ويمكن أن نعزوها إلى أن غلافها أرق من غلاف الشمس .

وبعض أفراد هذا الفريق العجيب من النجوم الذى توجد أفراده فى حالة زمالة مكونة نجوم مزدوجة ، تؤثر بعضها على بعض بطريقة يصعب وصفهـا .

أما النجم المفرد الذى تتمثل فيه حالات مختلفة واسعة النطاق ، فلا تصادفنا فى دراسته إلا قليل من الصعوبات . والواقع أننا نعرف مثلا نموذجيا لهذا الصنف من النجوم — ألا وهو الشمس .

وهناك نجوم نابضة خافتة أخرى تتاخم كوكبة الجبار . وهى لفرط بعدها عنا تبدو خافتة ولكن أخفتها يكاد فى الواقع أن يفوق لمعانه لمعان الشمس مائة مرة .

وبعض هذه النجوم — تلك التى تسمى نجوم رر السلياق — تتذبذب فى سرعة وتتأرجح بين أقصى لمعانها وخفوتها فى دورة طولها يوم أو بعض يوم

وعلى العموم ، تتفاوت المدة التى تستغرقها النجوم النابضة المتغيرة لإتمام مرحلة خفقانها تفاوتا واسع المدى، فقد تقصر المدة حتى لا تزيد على الساعتين وقد تتطاول حتى تصل إلى عدة سنوات .

وهناك نجوم يختلف لمعانها بسبب ما يعتريها من كسوف دورى ، ولكن البحث فى أمر هذا النوع من النجوم ليس موضعه هذا الفصل . . . فالنجوم النابضة التى نبحث فيها الآن نجوم مستقلة لا نجوم مزدوجة ، ولكل نجم منها مدة تتم فيها مرحلة تنبضها ويتحكم فى طول هذه المدة ظروف النجم الخاصة.

فكلما زاد تألق النجم ، وبالتالى ، كلما زاد إشعاع ضوئه ، قلت السرعة التى يقطع فيها مرحلة التنبض ، وبالتالى طالت مدة تنبضه ، والمعروف أن السرعة مرتبطة إرتباطا تاما بكثافة النجم .

وحجم النجوم المتغيرة المتذبذبة (نجوم رر السلياق التى يبلغ طول دورتها بعض يوم) أكبر بقليل من حجم الشمس ، ولكن سخونتها ضعف سخونتها ولمعانها يبلغ قدر لمعانها حوالى مائة مرة

وأما النجوم التى تتم دورة تنبضها فى مدة تتراوح بين يوم وخمسين يوما

(المتغيرات القيفاوية) فقطرها يفوق قطر الشمس ما بين عشر مرات ومائة مرة ولمعانها يفوق لمعان الشمس ما بين مائة مرة وعشرة آلاف مرة .

وهناك نجوم أخرى أبطأ من المتغيرات القيفاوية ، هى النجوم المتغيرة ذات الدورة الطويلة ، أمثال ى الجبار .

ويلاحظ أن النجوم المتغيرة أكثر تحررا وإنطلاقا من شمسنا ، ولا تعانى مثلها الكبت الذى يحد نشاطها ويعوق إنطلاقها . . . . فهى تتذبذب فى حرية وإنطلاق ، ويبدو أن الذرات تنتشر حولها منطلقة مع حركات هذه الذبذبة .

صحيح أن للشمس حركات تذبذبية من هذا القبيل ، ولكن على نطاق ضيق لا يكاد يكون ملحوظا أو لعل ما كنا نتوقعه من ذبذبة الشمس قد إتخذ مظهرا مغايرا جدا لتلك الذبذبة ، هو ما نلاحظه عليها من الألسنة المتقطعة أو حتى دورة البقع الشمسية .

ولسنا نعلم أسباب الذبذبات النجمية . . . . لا ، ولا نعلم أسباب دورات البقع الشمسية ، ولسنا نستطيع أن نجزم أن بينهما علاقة ما ، ولكننا فى نفس الوقت لا نجزم بعدم وجود هذه العلاقة .

نجوم وولف — رايت Wolf - Rayet

ولعل أروع ما تنطوى عليه صفحة السماء من نجوم تقع فى كوكبة الكلب الكبير (النجم و ٢ الكلب الكبير) . ولعلها لا تقل بريقا عن نجم سلسلة اللآلىء ، ولكن درجة حرارة سطحها تكاد تعادل ضعفى درجة حرارة سطحه ، ويدل تحليل طيفها على وجود طبقة كرية ملونة ضخمة لامعة ، وأن ما فى طيفها من الخطوط اللامعة يفوق كل ما فى طيف سطح النجم من خطوط ذرية .

وتدل البحوث التى أجريت باستخدام المطياف على أن سطح النجم يعانى

حركات عاتية ، تتمخض عن رذاذ من الذرات تندفع بسرعة فائقة تبلغ عدة ألوف من الأميال فى الثانية . وتتدفق المادة من سطح النجم أو إليه بكميات هائلة ، وبسرعة عظيمة .

ولا شك عندنا فى أن بعض الذرات التى تقع بيننا وبين هذا النجم تندفع من سطحه صعدا . ولكن إذا استعدنا ما ذكرناه عن حركات النتوءات الشمسية ، إتضح لنا أن من المحتمل أن الذرات لا تندفع صعدا فحسب ، ولكنها تتساقط نزلا كذلك .

وهذا النجم هو مثل من أمثلة تلك المجموعة النجمية الصغيرة التى يطلق عليها إسم نجوم وولف — رايت[1] .

والظاهر أن هذا النجم يعانى ما يشبه سكرات الموت ، فقد حانت ساعة نهايته ، حتى أن نجما مثل راعى الجوزاء — ومستقبله محدود — يقدر له أن يعيش مدة أطول من المـــدة المقدرة لهذا النجم ، دون أن يعانى تغيرات حاسمة .

النجوم الأقزام

جميع النجوم اللامعة فى كوكبة الجبـــار والنجوم الكلاب ألمع من الشمس بمراحل . ولكن هؤلاء « الممثلين » الذين نقشت أسماؤهم بحروف من نور ، ليسوا إلا أقلية ضئيلة . أما الأغلبية الساحقة من النجوم التى تغطى وجه الكوكبة ، والتى تكون السواد الأعظم من شعوب السماء ، فمكونة من نجوم باهتة لا تكاد تبين .

فالنجوم التى تشبه الشعرى الشامية أشيع من النجوم التى تشبه الشعرى

---

(١) سميت هذه المجموعة باسم الفلكيين وولف Wolf ورايت Rayet اللذين كانا أول من درسهما .

اليمانية ، والنجوم التى تشبه الشمس أشيع من النجوم التى تشبه الشعرى الشامية ، ولكن الغالبية العظمى من النجوم تقع فى مرتبة أوطى من كل هؤلاء . فالسواد الأعظم من النجوم أصغر حجما ، وأخفت ضوءا ، وأبرد ، وأقل كتلة من الشمس (شكل ٢) .

وهذه النجوم تكون ما يسمى بسلسلة التتابع الرئيسى . وقليل ما يمكن مشاهدته من خصائصها ، ولكنها على وجه العموم تشبه الشمس فيما يعتورها من تغيرات طبقية .

فمن ذلك ما تعانيه من تبقع متقطع ومالها من طبقة كرية ضوئية ملونة . كما أن لها هالة ولكن يصعب إدراكها لخفوت ضوئها إذا قورن بالضوء الكلى للنجم .

وأما النجوم الأخفت ضوءا فلا يلاحظ عليها من الظواهر التى تصلها بالشمس غير ظاهرة مفردة تلك هى الألسنة الضوئية . فأحيانا نشاهد على سطحها تفجرات ضوئية كتلك التى تحدث فى الشمس . وهذه التفجرات حين تنتاب نجما يبلغ لمعانه عشر لمعان الشمس قد ترتفع بالضوء الكلى للنجم حتى يبلغ إلى الضعف .

وقد تمكن الباحثون حديثا من مشاهدة أمثال تلك الألسنة على كثير من النجوم البالغة الخفوت والشديدة البرودة . وكان هذا دليلا على أن القوى التى تعمل فى جوف الشمس لا تزال تمارس نشاطها .

وحتى فى مثل هـــذه النجوم ، فإن أصغر النجوم وأشدها خفوتا — باستثناء النجوم التى تنتمى إلى مجموعة الأقزام البيض — ليبلغ قطرها عشر قطر الشمس ، ولها من الكتلة خمس كتلتها ، ودرجة حرارة سطحها تقل قليلا عن نصف درجة حرارة سطح الشمس ، وأما لمعانها فلا يكاد يبلغ جزءا من عشرة آلاف جزء من لمعان الشمس .

وإذا كانت هذه النجوم — كما نعتقد — تخضع للقوانين التى تربط الكتلة والإشعاع ، وكانت تستمد الطاقة مما تحتويه من أيدروجين ، فإنه يرجى لها عمر أطول بكثير مما ينتظر للشمس من عمر .

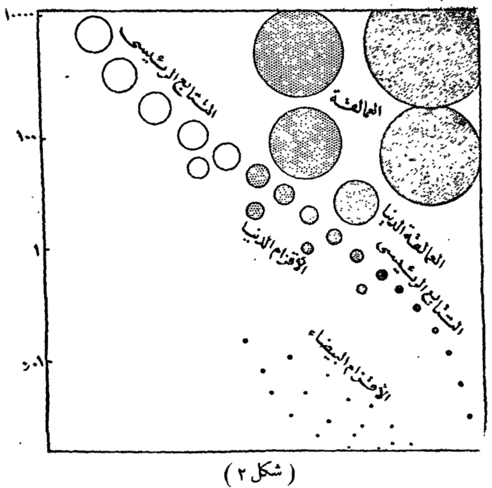
وإن أمثال هذه النجوم لتكون معظم الشعوب النجمية المجاورة لنا وعليها يقع العبء الأكبر فى تسجيل تلك القصة التى نسجناها عن نشأة النجوم وتطورها .

وإنها لتمضى حياتها بطريقة رتيبة . فلا يختلف لمعانها إلا فى أحيان قليلة حين تنفجر على سطحها الألسنة . وقد لا يجد الدارس متعة فى دراستها مالم تكن مكونة لإحدى المزدوجات .

ولكننا نستخلص من هـــذه النجوم حقائق تتصل بتطور النجوم أكثر مما نستخلصه من تلك النجوم القليلة التى تستأثر إنتباهنا بما لها من تألق شديد .

والدوران البطىء الذى تدوره الشمس لم يكن كافياً ليحدث لها تشويها ملحوظاً . أما النجوم اللامعة فى كوكبة الجبار لهـا شأنا يختلف عن ذلك . فكثير منها ، أو ربما أغلبها ، يدور دورانا سريعاً . ومن أمثلتها نجم لامع ذو درجة حرارة مرتفعة هو « تاج الجوزاء » . وهو يدور بسرعة عظيمة كانت سببا فى تشويه شكله الكرى . ولم يقتصر هـذا التشويه على تحويله إلى شبه كرة مفرطحة عند القطبين كما حدث للسيار المشترى ، بل تجاوز هـذا الحد حتى أصبح ذا سطح إهليجى ذى ثلاثة محاور متباينة .

وهو يواجهنا أثناء دورانه بجـــانبه الأكبر ثم الأصغر على التعاقب فيختلف لذلك إلتماعه فى إنتظام لابسبب التنبض كما تفعل القيفاويات بل بسبب إختلاف جانبيه اللذين يواجهنا بهما على التعاقب .



(شكل ٢)

النجوم النموذجية ، مرتبة بحيث يظهر ألمعها فى قمة الشكل ، وأبردها إلى اليمين ويتبين فى هذا الشكل أمثلة نموذجية لمجموعات النجوم المختلفة التى نتحدث عنها فى صفحات هذا الكتاب . وقد إتخذنا مقياس الرسم التقليدى فى بيان نسب أحجام النجوم بعضها إلى بعض . فأكبر هذه النجوم حجماً تبلغ حجم أصغرها ألف مرة . وتعطى هذه الدوائر فكرة عن توزيع الحجم بالنسبة إلى اللمعان ودرجة الحرارة . وتشير الأرقام التى إلى اليسار إلى لمعان النجوم الواقعة على الخط الأفقى المار بهذه الأرقام ، والوحدة التى يقاس بها لمعان النجم هو لمعان الشمس . (يعرف هذا الشكل باسم خريطة راسل Russell)

ومعظم النجوم اللامعة ذات الحرارة المرتفعة تسرع فى دورانها . وقد لايكون من باب المصادفة أن يدخل معظمها فى تكوين مزدوجات توأمية يدور أحدهما حول الآخر أثناء دورانه حول نفسه .

وكثيراً مايتلازم دوران النجم حول نفسه مع كونه شريكا فى مزدوج توأمى حتى أنه ليرجح أن أحدهما سبب للآخر . والواقع أنهما من العوامل الهامة فى تكوين النجوم .

وعلى العكس من ذلك فليس هناك تدرج فى سرعة الدوران بين نجوم تشبه نجم سلسلة اللآلىء وأخرى تشبه للشمس .

وكل النجوم ذات الحرارة المرتفعة تميل إلى الإسراع فى دورانها . وهناك فرق شاسع بين متوسط سرعة النجوم التى تشبه الشعرى اليمانية وبين تلك التى تشبه الشعرى الشامية .

ومما يستحق الذكر أن الشمس أوطى فى هذه السلسلة عن الشعرى الشامية (شكل ٢) . والنجوم الأوطى من ذلك ـ كالأقزام الحمراء الصغيرة ـ تبطىء فى دورانها كثيرا لأنها إذا لم تفعل ذلك فإن الدوران السريع يطمس من خطوط طيفها . وهذا يتنافى مع ماوجد فيها من خطوط رفيعة ذات حدود واضحة .

ولنتذكر مايبدو فى المجموعة الشمسية من أمر عجيب . فليس للشمس إلا قدر ضئيل من الطاقة الدورانية إذا قورن بما للمجموعة كلها من طاقة دورانية .

فلا بد لأى نظرية تتعرض لموضوع تطور المجموعة الشمسية أن تدخل فى حسابها الطريقة التى تخلصت الشمس بها من طاقتها الدورانية التى كانت موجودة فى المجموعة الشمسية عند منشئها .

ولما كانت النجوم الصغيرة المنخفضة الحرارة بطيئة فى دورانها ؛ فإن الحقيقة السابقة ليست قاصرة على الشمس وحدها . فإذا كانت مثل هذه لنجوم قد بدأت حياتها كنجوم أكثر لمعانا وأشد حرارة وأسرع دورانا

فلا بد أنها قد تخلصت من طاقة الدوران التى كانت بهـا ، ومن المحتمل أن تكون قد تخلصت من طاقة دورانها سواء كان يتبعها مجموعة من السيارات أو لا يتبعها .

المتغيرات فى السديم الكبير

يتناثر عدد ضخم من النجوم على وجه كوكبة الجبار ؛ وكلها تقع دون الشمس فى سلسلة التتابع الرئيسى وتكون الأغلبية الساحقة من « الشعب النجمى » .

وفى الصميم من قلب الكوكبة ، توجد مجموعة كثيفة من النجوم تعادل الشمس فى خفوتها أو هى أخفت . وتقع هذه النجوم فى داخل السديم الأعظم (أنظر اللوحة رقم ٧) ، وهذه المنطقة أكثر إزدحاما بالنجوم من أى منطقة أخرى . وقد دل الفحص الدقيق على أن هذه النجوم مختلفة عن الشمس جد الإختلاف .

وأول مايجابهنا فى أمر هذه النجوم ، هو أن لمعانها يختلف بين الفينة والفينة بطريقة لا نظام فيها . وإنما تومض وتتألق بطريقة لا تكاد تخضع لقاعدة ، فهى تختلف بذلك إختلافا واسعاً عن النجوم القيفاوية والمتغيرات الطويلة الأمد التى تتألق فى دورات منظمة محدودة .

وقد أسفرت دراسات جرينستين Greenstein وستروف Struve لهذه النجوم على أن لها أطيافاً فى منتهى الغرابة ، واكتشفا مايؤيد وجود غازات متوهجة حولها ، وعلى الأخص بالقرب من النجوم الخافتة منها . والسواد الأعظم لهذه النجوم باردة كالشمس ، أو هى أبرد ، ولكن وجود غازات متوهجة يوحى بدرجات حرارة عالية جدا .

وأسخن النجوم فى هذه المنطقة (وبالتالى ألمعها) تنعدم فيها هذه الحالات

المتوهجة . ومع ذلك فإن هناك عدداً قليلا من النجوم الخافتة المحاطة بسحب متوهجة ، تتخذ لنفسها لون النجوم الحارة ..

وإذا تفحصنا هذه النجوم التى توجد فى داخل السديم الأعظم من ناحية مظهرها ، لبدت لنا أبعد ماتكون عن صورة الشمس .

ولكننا لو تصورنا شمساً كشمسنا ، وأغدقنا عليها — بإسراف — طبقة كرية ضوئية ملونة غنية ، لربما إستطعنا أن نكون صورة تقريبية لأحد النجوم الأشد خفوتا فى هذه المجموعة .

ثم إذا تصورنا شمسا أخرى وقد ماجت فيها ألسنة اللهب وهاجت واشتد نشاطها ، لربما تكون لنا منها ما يشبه صورة للنجوم الحارة الخافتة الشاذة فى هذه المجموعة .

وأكبر الظن أن النجوم الحارة اللامعة فى هذه المنطقة تبلغ من السخونة حدا يجعل الغازات التى تغبش سطحها تنقشع بتأثير الإشعاعات السطحية ، ولقد كان من نتيجة ذلك أن انعدمت الهالات المتألقة منها .

وعدد النجوم المتغيرة الشاذة الموجودة فى سديم كوكبة الجبار يبلغ عشرة أضعاف ما نتوقعه فى منطقة نجمية متوسطة الكثافة . . . مما دعا العلماء إلى إفتراض أن السديم الذى تعيش فى داخله هذه النجوم هو المادة الأولى التى منها تكونت النجوم بطريقة ما . ولعل عملية تكون النجوم لاتزال تجرى فى داخل هذا السديم،وما السديم فى واقع الأمر إلا تراب متفكك وغاز منتشر، وكأنى بالسحب المتوهجة التى تحيط بها هى الذرات تلتئم وتتجمع وتتكاثف فإذا بها قد تحولت نجوما سوية . . .

وهناك إفتراض آخر ، وهو أن هذه النجوم كان لها وجود مستقل ، ثم أندفعت نحو هذه المنطقة الكثيفة الممتلئة بالتراب والغاز ، وأخذت تجذب

إليها الجزيئات المفككة ، وكلما أصابت منها شيئا زاد وهجها واشتد لمعانها وكبرت كتلتها .

وبعبارة أخرى ، لعل منطقة سديم الجبار هو « المهد » الذى فيه نستطيع أن نشهد ميلاد النجوم ، أو لعله « المصح » الذى تجرى فيه أمام أبصارنا عملية تجديد شباب النجوم .

وليست مجموعة النجوم فى كوكبة الجبار بدعا فى نوعها . فهناك فى منطقة تجاور منطقة الجبار ، كوكبة تسمى كوكبة الثور ، تحتوى على مجموعة تشابه تمام المشابهة لتلك المجموعة التى درسناها ، وقد درسها العلامة ا . ه جوى A. H. Joy

ويوجد فى هذه المجموعة من النجوم عدد يساوى ضعف متوسط عدد النجوم التى توجد فى منطقة تعادلها حجما ، أو لعل فيها ثلاثة أضعاف ما كان يمكن أن نتوقع وجوده فيها .

وقد درس « ستروف » وأعوانه مجموعات أخرى مماثلة فى السحب المعتمة الموجودة فى كوكبة العقرب وكوكبة الحواء وكوكبة الإكليل الجنوبية وغيرها من المناطق .

ويتوقع وجود أمثال هذه المجموعات فى جميع المناطق الكثيفة التى تموج بالتراب المنحل والغاز المنتشر ، ويغلب على ظن الفلكى الروسى أمبارتسوميان أن مجرتنا تحتوى على عدة آلاف من هذه المجموعات .

وسواء أكانت هذه السدم تكشف أمامنا عملية الميلاد الحقيقى للنجوم ، أم كانت تكشف لنا كيف تتجدد وتنمو وسط غذاء غنى وفير ، فإنها بلا شك تعرض أمامنا مرحلة هامة من مراحل تطور النجوم

تنوع النجوم

تكشف لنا كوكبة الجبار وكوكبة الكلبِ أنواعا من النجوم متنوعة تنوعا يستجلب الحيرة والدهشة .

وقد إستعرضنا الملامح الظاهرية لهذه النجوم ، وتكلمنا عن أحجامها وأوزانها ودرجات حرارتها ، ورأينا أنهامتفاوتة فى الحجم ، فهى تبدأ من نجوم كالنجم العملاق « إبط الجوزاء » ثم ماتزال تتدرج نزلا حتى تنتهى إلى نجم ضئيل كرفيق الشعرى اليمانية ، كما أنها متفاوتة فى درجات الحرارة ، فهى تبدأ من النجوم الحارة فى نجوم الرباعى ثم ماتزال تتدرج نزلا حتى تصل إلى النجوم المتغيره الباردة الطويلة الأمد .

وعلى إتساع مدى التنوع فى هذه النجوم ، فهى تعتبر — إلى حدما — متماثلة . فمعظم ما نعرفه من هذه النجوم ينخرط فى سلسلة متصلة تتدرج من النجوم المتألقة إلى النجوم الخافتة ؛ ومن النجوم الحارة إلى النجوم الباردة . ومن النجوم الثقيلة إلى النجوم الخفيفة ، ومن النجوم الكبيرة إلى النجوم الصغيرة .

ويطلق على هذه السلسلة عامة إسم سلسلة التتابع الرئيسى (شكل ٢) وألمع نجوم التتابع الرئيس ألمع من الشمس عشرة آلاف مرة ..... وأخفت هذه النجوم لايزيد لمعانه على جزء من مليون من لمعان الشمس ......

أما أقطار نجوم التتابع الرئيسى ، فتتأرجح من نجوم يبلغ قطر الوحد منها قدر قطر الشمس عشرين مرة ، وبين نجوم أخرى يبلغ قطر الواحد منها عشر قطر الشمس . . .

أما درجات حرارة هذه النجوم ، فتتفاوت بين نصف مليون درجة وبين

ألفي درجة ... وأما أوزانها فتنحصر بين نجوم تفوق وزن الشمس أربعين مرة وبين نجوم لاتزيد على عشر وزن الشمس .

والأغلبية الساحقة من النجوم المجاورة لنا — مثل سلسلة اللآلىء — والشعرى اليمانية — والشعرى الشامية والشمس إلى غيرها مما يخطئه العد من النجوم التى لم تذكر أسماءها — كلها منخرطة فى سلسلة التتابع الرئيسى .

وهناك طائفة أخرى من النجوم ، تناظر سلسلة التتابع الرئيسى إلى حدما ، ولكن إذا قورن كل نجم منها بما يماثله من نجوم التتابع الرئيسى من حيث درجة الحرارة ، لوجد أنها أخفت ،وأصغر،وربما كان أقل حجما من نظيره فى سلسلة التتابع الرئيسى . ألا وهى النجوم الأقزام الدنيا .

وفى نفس الوقت توجد طائفة أخرى من النجوم ، تسمى العمالقة الدنيا، وهى نجوم إذا قورنت بمثيلاتها من حيث درجات الحرارة ، لوجد أنها أكبر حجما وأقل كثافة من نظائرها فى سلسلة التتابع .

أما النجوم العمالقة ، التى يكاد لمعانها يفوق لمعان الشمس مائة مرة ، فهى نجوم باردة ، أو هى أقرب ما تكون إلى الباردة ، ومن أمثلتها نجم « السماك الرامح » ، ونجم « عين الثور » ، وحجمهما يفوق حجم الشمس كثيرا ، وكثافتهما دون كثافة الشمس بنفس النسبة

أما العمالقة العليا — أمثال نجم «راعى الجوزاء» ونجم «إبط الجوزاء» — فهى أشد لمعانا من النجوم العمالقة .

وأخيرا نختتم عرضنا لأنواع النجوم باستعراض الأقزام البيضاء ، أو النجوم المنهارة المفلسة . . . . . وهى نجوم صغيرة الحجم جدا ، متوسطة الكتلة ، ولكن كثافتها كبيرة كبرا يفوق الحد .

وهي تكون مجموعة كبيرة العدد ، تكاد تنعزل عن سائر النجوم الأخرى

بخصائصها التى تنفرد بها ، فهى تخالفها من حيث تركيبها ، وتخالفها من ناحية أخرى أشد أهمية وأبلغ دلالة ؛ هى طريقة « غذائها » .

ولكل نوع من هذه النجوم دور يلعبه فى قصة المجتمعات النجمية التى يزدحم بها مسرح الكون ، وقد فرغنا حتى الآن من عرض صور الشخصيات ... وفى فصل آخر سنعرض لدراسة « المواقف » التى توجد فيها هذه الشخصيات ، وسنعرض لدراسة صلات هذه الشخصيات بعضها ببعض ، والأدوار التى وكل إليها أداؤها .

إن النجوم اللامعة — حارة كانت أم باردة — قد طغت على المنظر ولم تدع لغيرها فرصة الظهور .. ولكن الواقع أن هذه النجوم اللامعة هى الأقلية من حيث العدد ، حتى أنها لا تكاد تعد شيئا مذكورا إذا قورنت بالغوغاء والدهماء . .

ان بريقها يخطف أبصارنا ، برغم ما بيننا وبينها من أبعاد شاسعة . ولكى نستطيع أن نكون فكرة عن عظم المسافات التى تفصلنا عن هذه النجوم اللامعات ، تذكر أن الشمس لو قدر لها أن تبتعد عنا حتى يكون مابيننا وبينها مساويا ما بيننا وبين هذه النجوم ، لغدت نجما تافها خفيا لا يلفت أنظارنا ولا يثير إنتباهنا .

ولو قدر لنا أن نحشد النجوم المحيطة بنا فى صعيد واحد لنلتقط لها صورة جامعة ، للاحظنا أن النجوم الأخفت ضوءا هى الأغلبية الساحقة ، بل لتبدت لنا حقيقة أعجب وأدهش ، هى أن معظم الضوء الصادر من النجوم إنما ينبعث من تلك النجوم الخافتة الباهتة .

إن نجما كنجم راعي الجوزاء يفوق لمعان الشمس عشرة آلاف مرة ..

ولكن عدد النجوم التى من طراز الشمس يفوق عدد النجوم التى من طراز راعى الجوزاء عشرة آلاف مرة على الأقل .

فمعظم الضوء الذى يملأ الفراغ النجمى إنما يصدر عن النجوم الخافتة ، الخفية ، لا عن النجوم اللامعة التى تسيطر على المنظر ولا تكاد تسمح لغيرها بالظهور على المسرح .

ولم ننته بعد من سرد جميع عجائب هذه الطائفة من النجوم التى تبدو لنا خافتة ضئيلة هزيلة ، والتى بلغت من تفوقها العددى الكاسح أنها تحتوى على النصيب الأكبر من المادة المكونة للنجوم . . .

وسنرى فى الفصل الآتى أن جزءاً كبيراً من مادة الكون — على الأقل فى هذه المنطقة من الكون التى نعيش فيها — لا يدخل فى تركيب النجوم . . . ولكنه ينتشر بينها مكونا سحبا وأتربة وذرات . . .

فإلى الفصل التالى . . لنحيطك علما بعجائب هذه السحب . . . والأتربة . . والذرات .

الفصل الثانى

التراب والذرات

تتحرك الشمس فى سرعة عبر الفضاء . وللنجوم أو الشموس — كبيرها وصغيرها — حركاتها كذلك . فكأننا سفر محمولون سبحا فى ذلك التيار النجمى الضخم . . .

ومعظم النجوم الدانية منا تسلك نفس السبيل الذى نسلكه ، وتتحرك فى نطاق دائرى يقع فى داخل الطريق اللبنى . . .

على أن السرعة التى تتحرك بها الشمس فى مسارها أكبر قليلا من متوسط سرعة تلك النجوم الدانية ، فتبلغ سرعتها داخل هذا التيار حوالى ١٢ ميلا فى الثانية .

ولكن السرعة الحقيقية للشمس أكبر من هذا بكثير ، فمتوسط سرعة التيار نفسه فى هذه المنطقة من الكون التى ننتمى إليها يبلغ نحو ١٢٥ ميلا فى الثانية ، أى ما يزيد سبعة آلاف مرة على سرعة مركبة تقطع ميلا فى كل دقيقة.

ولا تلتزم جميع النجوم هذا المسار الدائرى . فمجموعتنا النجمية زاخرة بالنجوم المتسكعة — إذا صح هذا التعبير — التى تخط لنفسها إتجاهات مختلفة.

والواقع أن أمثال هذه النجوم تكثر فى المناطق المتطرفة من مجموعتنا فهى أكبر عددا من تلك التى تلتزم فى حركتها المسار الدائرى .

وكما تختلف هاتان الفئتان من النجوم من حيث المسارات التى تختطها ،

تختلفان كذلك من حيث الخصائص التي تميزها .

« ولوائح المرور » التي تتحكم في حركات النجوم في هذا الفضاء الكوني لها أهميتها القصوى في دراسة تاريخ النجوم — وهو ما سنراه فيما بعد إن شاء الله .

ولقد يبدو لنا لأول وهلة أن المنطقة التي نعيش فيها من هذا الممر الكوني شديدة الازدحام . . . . وهذا وهم . . . . فالواقع أننا لانستطيع أن نرى من نجوم مجموعتنا إلا ما كان قريباً منا . أما نجوم تلك المجموعة البعيدة عن ممرنا فخارجة عن نطاق بصرنا . . . . ولكننا نستطيع بسهولة أن نرقب مجموعات نجمية أخرى ، تفصلها عنا مسافات شاسعة من الفراغ أبعد بكثير من المسافة التي تفصلنا عن الجانب الأقصى من مجموعتنا الذي نعجز عن رؤيته .

والسبب في ذلك أننا نسبح في ضباب من دخان وتراب ، يملأ الفراغ بين النجوم، وكثافة هذا الضباب تشتد في هذا « الزقاق » الذي نعيش فيه ، ولكنه سرعان ما يشف إذا ماتجاوزنا الطريق اللبني .

وفي وسعنا أن نرى خلال الضباب بعض زميلاتنا النجوم السابحات في هذا المسار الدائري ولكننا لانرى منها إلا ما كان قريبا قربا كافيا . أما النجوم التي تتحرك فوق المسار أو تحته — فالحركة في الممرات الكونية ذات ثلاثة أبعاد — فيمكن رؤيتها في سهولة ، حتى ولو كانت بعيدة منا .

وليست مجموعة النجوم التي تتحرك فيها شمسنا إلا واحدة من بلايين المجموعات النجمية المنتشرة في الفضاء . وهي في شكلها أشبه بفطيرة ضخمة منتفخة عند الوسط ، أو لعلها أقرب ماتكون إلى شكل فطيرة مكونة من طبقات رقيقة محشوة عند الوسط فتبدو المجموعة وقد تكاثف فيها التراب

والدخان ، ويتحرك فى نطاقها تيار دائرى وتكثر النجوم قرب السطح المركزى لها ، ولكنها تقل فوقه وتحته . والأقرب إلى الظن أن هذا « الحشو النجمى » لايمتد عبر مركز الفطيرة ، ولكنه يتدفق صوب الحواف . وللمجموعات النجمية الأخرى التى يموج بها الفضاء أشكال أخرى ، فبعضها خال من الحشو تماما ، وبعضها كثيف الحشو ، وبعضها تكون الطبقة المركزية فيه غير منتظمة التوزيع . وبعضها يكون التوزيع فيها رائع التجانس ، بينما يكون الحشو فى بعضها مهشما مشوها .

وسنرى فيما بعد كيف أن لوجود الحشو المركزى علاقة وثيقة بأشكال المجموعات النجمية وطبيعة النجوم التى تكون هذه المجموعات . فالتراب والغاز النجميان عاملان من أقوى العوامل التى لها أثرها فى تطور النجوم .

التراب النجمى

إذا تأملنا حواف مجموعتنا النجمية المسطحة نرى شريطا مفبشا من الضوء — وهو ما نطلق عليه إسم « الطريق اللبنى » — وهو ضوء صادر من عدد لايحصى من النجوم الخافتة القصية التى تمتد إلى نجوم مجرتنا (اللوحة ٤) . ولا يبدو الطريق اللبنى كشريط متصل من الضوء ، بل تبدو فيه شقوق ضخمة كما تعكر صفاءه سحب معتمة فى بعض أجزائه ، فهناك عروق من المواد الداكنة كأنها الجداثل ، وهى دلائل على وجود لطخ الضباب الذى ينتشر فيما بين النجوم .

وفى الوسع أن نرى فى سهولة لطخ المادة الداكنة ، وقد تجلى منها ما يشبه زكيبة الفحم وهى تقع تحت كنف كوكبة الصليب الجنوبى ، والمناطق المجاورة لهذه الكوكبة مغطاة بجدائل من الضباب النجمى . . . تشبه العروق المعتمة التى توجد فى كل أنحاء الطريق اللبنى ، حيث تشتد « حركة المرور » بين النجوم .

ولا يمكن إعتبار تلك العروق المظلمة أزقة خالية من النجوم ، وهو زعم قد يبدو ممكنا إذا كانت المجموعة النجمية صغيرة ، إلا أنه لا يستقيم مع المنطق إذا أدركنا مدى ضخامة هذه المجموعة . فوجود تلك الأزقة الفارغة التى تشمل أنفاقا ضخمة مستقيمة خالية من النجوم يعتبر فكرة خيالية غير محتملة إذا علمنا أن تلك الأزقة جميعا تتجه مباشرة صوب مواقعنا .

أما اليوم فنحن نتصورها كطبقة مليئة بالضباب المتقطع الأغبش الذى يمتد عبر الطريق اللبنى حيث ترى أكوام التراب النجمى الكبيرة القريبة كما تظهر عقد لا عداد لها من المادة التى تبدو معتمة لوقوعها أمام سطح لامع كسديم قريب منا مثلا .

أما الجزء البعيد ، فإن تراكم المناطق المغبشة أمامه ، سواء أكانت كبيرة أم صغيرة ، يجعله معتما . ولاريب أن هناك رقعا كثيرة يبلغ من دقتها إلى حد أن يتعذر علينا رؤية تفاصيلها واضحة ، حتى ولو كانت على مسافة قريبة منا وأغلب الظن أن هذه اللطخ الصغيرة أكبر عددا من اللطخ الكبيرة .

وفى مبدأ الأمر لم يكن يعرف لسحب الغبار النجمى غير أثرها المعوق للرؤية ، فقد كانت تقف حائلا فى طريق محاولات العلماء عمل إحصاء للنجوم لأن الرؤية كانت متعذرة خلال هذا الضباب الكثيف المتقطع . وكان من الصعب أن ندخل فى إعتبارنا ذلك الضباب فى عمل إحصاء النجوم . إذ أن ضوء النجم يخبو إذا وقع خلف سحاب كثيف ، ويلوح كما لو كان أبعد مما هو فى الحقيقة .

هذا إلى أن التأثير المتراكم لقطع السحاب الصغيرة العديدة من شأنه أن يؤدى إلى جعل النجوم تبدو وكأن عددها يتضاءل سريعا فى جميع الإتجاهات

وخصوصا عند حواف مجموعتنا المسطحة ، حيث تبلغ كثافة السحب أقصاها وهذا هو السر فى أن المناطق المجاورة لنا تبدو وكأنها مزدحمة إلى درجة غير عادية ، على الرغم من أن بعض المناطق الأخرى فى الطبقة المركزية أكثف إلى حد بعيد . ولكن هذه الحقيقة لم يدركها العلماء إلا بعد محاولات مضنية فى دراسة توزيع الغبار والغمام .

ولقد كان الهدف الرئيسى من دراسة الغبار النجمى ، هو العمل على محو ما يتركه من آثار معوقة للرؤية فى مجموعتنا النجمية .ولكن ما لبث العلماء أن أدركوا ماله من أهمية ذاتية إسترعت أنظارهم منذ عهد غير بعيد .

ولقد أسفرت بحوثهم فى هذا السبيل عن نتائج جد عجيبة ، منها أن المواد الموجودة بين النجوم فى مجرتنا تبلغ كتلتها قدر كتلة النجوم نفسها . . . ! فالغمام والنجوم يكونان مجموعة كبيرة ، وهما فى تجاوبهما وتفاعلهما يتحكمان معا فى تطور المجموعة ، فكما تتحكم الألحان الموسيقية فى حركات الراقصات ، تقوم النجوم بدور الراقصات ويقوم الغمام بتوقيع الألحان المنظمة للرقصة .

وتدرس النجوم بالضوء الذى تشعه ، أما الغبار النجمى فيدرس بما يخفيه . وقد نكون محقين إذا توقعنا أن خصائصه تعصى على التحليل ، ولكننا مع ذلك قد عرفنا عنه كثيرا من الحقائق المذهلة كحجم جزيئاته ، وتركيبها ، وتوزيعها ، بل لقد عرفنا أيضا الإتجاه الذى تتخذه فى الفضاء . . . . !

وحينما درست النجوم التى أمكن رصدها خلال الغمام دراسة دقيقة ، تجلت حقيقة عجيبة، فقد وجد أن ضوءها لا يخفت فحسب ، ولكنه يحمر ، شأن الشمس حين تغرب فى سماء قاتمة .

والمعروف أن لون النجم يتوقف على درجة حرارته ، وقد تبين لنا من

قبل أن الشمس — التى تبلغ أقصى درجات تألقها فى اللون الأصفر — تبلغ درجة حرارة سطحها ٦٠٠٠ درجة .

ولكن هناك طريقة أخرى لتعيين درجة حرارة النجم ، فالخطوط الذرية فى طيفها تكشف لنا عن درجة حرارة سطحها ، ودراسة هذه الخطوط أبدت لنا — مرة أخرى — أن درجة حرارة سطح الشمس تبلغ حوالى ٦٠٠٠ درجة .

فإذا أتيح لنا أن ندرس طيف نجم ما ، ففى وسعنا أن نعين درجة حرارته ؛ وقد أمكننا بهذا أن نستنبط أن النجوم التى نراها من خلال السحب المعتمة تبدو أشد إحمرارا مما نتوقعه لها من دراسة طيف الذرات السابحة فى أجوائها ، فألوان النجوم التى ترى خلال الغمام تدل على درجة حرارة أقل مما تدل عليه دراسة أطيافها . ويصل الفرق فى بعض الحالات إلى درجة مذهلة . فقد تدل دراسة طيف نجم من النجوم على أن درجة حرارة سطحه ٣٠٫٠٠٠ درجة ، بينما يوحى لونه بدرجة حرارة لا تتجاوز ٤٠٠٠ درجة .

وقد إستغرق تنسيق المعلومات ، فى موضوع خفوت ضوء النجوم وإحمرارها سنين عديدة ، واستدعى حسابات غاية فى الدقة . ولكنه لم يصل حتى اليوم إلى حد الكمال .

على أن هذه المباحث قد أسفرت عن نتيجتين هامتين :

أولاهما : أن كمية الإحمرار تتناسب طرديا مع مقدار إمتصاص الضوء ..

وأخراهما : أن هذه العلاقة تكاد تكون واحدة فى جميع الإتجاهات .

فأما النتيجة الأولى فتزودنا بأمثل طريقة عرفت حتى الآن لحساب مقدار

تأثير مواد الفضاء فى إخفات ضوء النجوم البعيدة ، وبالتالى التوصل إلى إيجاد بعدها الحقيقى عنا .

وأما النتيجة الأخرى ، فقد إستطعنا على ضوئها أن نستنبط أن العوامل التى تؤثر فى عمليتى الإمتصاص والإحمرار متشابهة تقريبا فى كل أجزاء المجرة .

وقد إستطعنا أن ندرك أن السبب فى إحمرار ضوء النجوم البعيدة بتأثير الغمام الذى يعترض ما بيننا وبينها ، يرجع إلى تشتت هذا الضوء ، وأن هذا التشتت يزداد كلما كان الضوء أدنى إلى الزرقة .

وبعبارة أخرى ، كلما كان الضوء أدنى إلى الحمرة ، قل تشتته ، ومن ثمة زادت الكمية التى تستطيع أن تنفذ من خلال الغمام .

ولهذا ، تبدو الشمس حمراء إذا غربت فى جو أغبر ، ذلك أن الضوء يخترق طبقات تشتد كثافتها كلما اقتربت الشمس من الأفق .

والضوء الأصفر أشد نفاذا فى الغمام من الضوء الأزرق ، والضوء الأحمر أشد منهما .

وأما الضوء الأحمر الذى يتجاوز الحد الذى يمكن للعين إدراكه ، فيفوقها جميعا فى القدرة على النفاذ خلال الغمام .

ومن ذلك ينتج أن تلمس النجوم البعيدة عن طريق ضوئها تحت الأحمر أنجح من فحصها عن طريق اللون الأزرق المنبعث منها .

فالألواح الفوتوغرافية الحساسة للضوء تحت الأحمر ، والأجهزة التى تكشف مباشرة عن الأشعة تحت الحمراء ، هى الطريقة المثلى لدراسة الحشو المعتم ، وهى تفضل الألواح العادية أو العين المجردة .

على أن هناك ما يفضل هذه الطريقة ، وهو إستعمال الأمواج اللاسلكية ، فقدرتها على النفاذ أكبر ، حتى أن المناطق المركزية لمجموعتنا النجمية — التى تستعصى على وسائل التصوير العادية — يمكن أن تدرس فى سهولة بطريقة الأمواج اللاسلكية — وهو فرع حديث من فروع علم الفلك ، يوشك أن يفتح على العلم آفاقا لا حد لها .

وإذا وضعنا أمام نجم من النجوم أوقية من مادة صلبة ، لما أمكن رؤية هذه المادة أصلا .

أما إذا سحقنا هذه المادة ، فإن فى وسعها فى هذه الحالة أن تمتص كمية كبيرة من الضوء ، ومن ثمة يمكن رؤيتها . وتتوقف قدرة المادة على إحتجاز الأشعة إلى حد ما على نوع المادة (أى على ما إذا كانت معدنية أو غير معدنية) ، وإلى حد كبير جدا على حجم دقائق هذه المادة .

فمثلا ، تمتص الكتلة المادية التى تتركب من حبات غير معدنية نصف قطر كل منها ٠٫٠٠٠٠١٤ سم ، عشرة آلاف مرة قدر ما تمتصه نفس الكتلة إذا كانت مقسمة إلى حبات نصف قطر منها ٠٫٠٤٤ سم وموزعة على نفس المساحة .

وتزداد — تحت نفس الظروف — قوة الامتصاص إلى أربعة أضعاف ذلك إذا كان نصف قطر كل من هذه الحبات ٠٫٠٠٠٠٤٤ سم .

وأما إذا كانت الحبات معدنية ، فإن أكبر قوة يمكن أن تصل إليها قدرتها على الإمتصاص لا تتجاوز ثلث قدرة الحبات غير المعدنية ، وهذه القدرة على الإمتصاص لا تتاح إلا إذا كان حجم الحبات صغيرا ، بأن يكون نصف قطر

الحبة ٤٤٠٠٠٠٠ر. سم[1].

وإذا إستمرت عملية إنقسام المادة حتى تحللت إلى ذرات ، لأصبحت أقرب ما تكون إلى الشفافية التامة ، حتى لتكاد تنعدم قوة إمتصاصها للضوء .

ولا يحتمل أن تكون الجسيمات التى يتكون منها الضباب النجمى متساوية الحجم ، فإن كل أنواع الحجوم ممثلة فيه ، من الكتل الكبيرة إلى الجزئيات والذرات . وجميع هذه الجسيمات تمتص الضوء ولكن بنسب متفاوتة . وكما أن أكثر الأصوات ضجيجا هو أكثرها تأثيراً فى الأسماع فكذلك أشد هذه الجسيمات إستلفاتاً للنظر هى أقدرها على إمتصاص الضوء .

وبعيد عن الإحتمال أيضا أن تكون هذه الجسيمات كلها معدنية خالصة ، أو غير معدنية صرفة . على أن الذى لا شك فيه هو أن المعادن كالحديد أقل شيوعاً فى النجوم من الأيدروجين والكربون والأكسجين والنتروجين ، وأضرابها .

ومن المحتمل أن يحتوى الضباب النجمى على نسبة كبيرة من هذه العناصر ، وإذا كانت العلاقة بين الإمتصاص ولون الضوء توحى بأن هذه الجسيمات معدنية ، ففى وسعنا مع ذلك أن نحصل على علاقة مشابهة إذا إعتبرنا الجسيمات غير معدنية ولكن ذات حجم معين .

وهناك حقيقة أخرى تشير إلى وجود الحديد (أو معدن آخر ذى خواص

---

(١) هذه التقديرات التى قام بها جرنشتين لا تنطبق إلا على الحبات الكرية . وليس من الضرورى أن تكون حبات الفراغ النجمى كرية ، بل أكبر الظن أنها ليست كذلك .

مغنيطية) كأحد مكونات جسيمات الفراغ النجمى . هذه الحقيقة هى ما لوحظ من إستقطاب الضوء [١] المشتت ، بطريقة تشـــعر بأن الجسيمات مصطفة فى الفراغ بنظام . فإذا كان مرد هـذا الإصطفاف المنظم إلى المجـالات المغنيطية ، فلا بد أن لبعض الجسيمات — على الأقل — خواص مغنيطية ، أما الجسيمات غير المعدنية فإن مغنطيتها طفيفة .

على أن شدة إنعكاس الضوء من جسيمات الفراغ النجمى أقوى بكثير من شدة إنعكاسه على الثلج . ولا يحدث هذا إلا للجسيمات غير المعدنية .

فالمحتمل أن تـكون هذه الحبات أصلا غير معدنية ، وقد إنطمر فيها بعض الجسيمات المعدنية الصغيرة . ويدور حول هذا الموضوع جدل عنيف شائق هذه الأيام .

ذرات الفراغ النجمى

يتـكون الفراغ النجمى من جسيمات ذات أحجام مختلفة ، فمنهـا ما هو كبير على شكل حبـات ، ومنها ماهو صغير على هيئة مسحوق ، أى تراب ، بل لقد تتضاءل عن هذا فتـكون دقائق متناهية فى الصغر .

وتحوم حـــول الأجسام الصلبة ضباب من الجزيئات والذرات والـكهارب ، وقد سبق أن لاحظنا أن الذرات والجزيئات لا تحجز كمية كبيرة من الضوء . والواقع أن السحب المـكونة من هذه الذرات والجزيئات ، والتى توجد بين النجوم ، تبدو كأنها تامة الشفافية .

---

(١) الضوء العادى عبارة عن ذبذبة فى الفضاء فى جميع الإتجاهات ، أما الضوء المستقطب فيتذبذب فى إتجاه معين .

ولكن الذرات تحجز الضوء بطريقة خاصة . فقد سبق أن علمنا — حين كنا نحلل ضوء الشمس — أن كل ذرة تستطيع أن تحجز مجموعة معينة من الألوان ، حتى لتكون خاصة تمتاز بها هذه الذرة ولا يشركها فيها غيرها من الذرات . والذرات التى تقع فى الفراغ النجمى لا تشذ عن هذه القاعدة . فهى تسلب ضوء النجم المجموعة الخاصة بها من الألوان .

وشمسنا نفسها ترى من خلال سحابة من الذرات — هى الذرات التى يتكون منها جو الأرض . وهذه الذرات تترك أثرها على ضوء الشمس فجزيئات الأوزون ، أى جزيئات الأكسجين الثلاثية ، بفضل مالها من خاصية الإمتصاص التى تمتاز بهـــا ، تحتجز كل ما فى أشعة الشمس من الضوء فوق البنفسجى حتى لا يكاد ينفذ منه شىء ، وحسنا تفعل هذه الجزيئات ، فلولا إمتصاصها لهذا الضوء لأحدثت لنا الأشعة فوق البنفسجية حروقا جلدية قاسية ... !

ويتكون جزىء الأكسجين من ذرتين تداخلت كهاربها بعضها فى بعض فالتحمتا ويمتص جزىء الأكسجين مجموعة معقدة من ضوء الشمس الأحمر وتحت الأحمر .

وتسلك مسلك جزىء الأكسجين جزيئات بخار المـاء وثانى أكسيد الكربون وسائر المركبات الكيمياوية الأخرى التى يموج بها الجو .

وحين نرى الشمس عمودية خلال الجو ، أى عند ما تكون فى سمت الرأس ، تكون عملية الإمتصاص أضعف منها حين تكون أدنى إلى الأفق ، ففى الحالة الأخيرة نرى الشمس خلال طبقة أسمك من الهواء ، فكلما زاد عدد الذرات التى تقع بينها وبين الشمس زادت كمية الضوء التى تمتصها تلك الذرات من الشمس .

ونحن نرى النجوم البعيدة خلال سحب من الذرات أيضا ـ تلك الذرات المتناثرة فى الفضاء . وهناك عدة طرق يمكننا بها تمييز خطوط الطيف الصادرة من ذرات الفضاء عن خطوط طيف الذرات الموجودة فى جو النجم نفسه .

فخطوط ذرات الفضاء رفيعة ، بينما خطوط ذرات النجوم عريضة ، هذا إلى أنها فى الحالة الأولى تصدر من ذرات ذات طاقة ضئيلة ، لأن مادة الفراغ النجمى باردة نسبيا إذا قورنت بمادة الغلاف النجمى . على أن أهم علامة يمكن بها التمييز بين هـــذين النوعين من الأطياف ، هى سرعة الذرات المكونة لها .

والضوء الذى ينبع من الذرات المقبلة علينا تشتد زرقته كلما إقترب منا — فالأمواج الضوئية تتجمع بعضها مع بعض فى الفضاء ويقصر طول الأمواج فيبدو الضوء وقد إشتدت زرقته .

أما إذا كانت الذرات مدبرة عنا ، فإن موجات الضوء يزداد تباعدها بعضها عن بعض ويزيد طول الموجة ، مما يؤدى إلى إحمرار الضوء .

والتغير الذى يحدث فى الضوء الصادر من مصدر متحرك من حيث لونه وطول موجته يشبه تماما تغير حدة صوت الجرس أو صوت صفارة القطار المتحرك . فإذا كان القطار مدبرا لاح لمن يلاحظه وكأن الصوت يتداعى ، وإذا كان مصدر الصوت مقبلا ، فإن أمواج الصوت تتجمع بسبب تحركه مما يؤدى إلى إرتفاع حدة الصوت .

ويعرف تأثير تحرك المصدر الضوئى على لون الضوء وطول موجاته بإسم

« تأثير دوبلر » الطيفى ويجب ألا نخلط هذه الظاهرة بظاهرة أخرى تختلف عنها إختلافا كليا ، ونعنى بها إحمرار تراب الفراغ النجمى الذى يحدث بإزالة الضوء الأزرق عن شريط الألوان المتصل الذى ينبعث منه سطح النجم. فتأثير دوبلر يغير أطوال موجات خطوط الإمتصاص فى الطيف، ولكن لا يؤثر فى لون النجم كـكل — تأثيرا ملحوظا .

ويقاس طول الموجة الضوئية فى خطوط الطيف بجهاز يسمى المطياف . وبمقارنة النتائج التى يحصل عليها ، بأطوال خطوط الموجات الصادرة عن نفس الذرة التى ليست فى حالة إقبال أو إدبار ويمكن الحصول على هذه التغيرات فى المعامل) ـ يمكن قياس سرعات الذرات البعيدة عنا ، سواء ماوجد منها فى الفراغ أو ما يوجد منها فى النجوم .

ولنفترض أننا راقبنا جو أحد النجوم، وأننا إستطعنا أن نستنبط من أطوال الموجات التى تصدر عنه، أنه مقبل علينا بسرعة ٥٠ ميلا فى الثانية ، ثم لاحظنا أن هناك خطا أو خطين يخترقان الطيف ، ويبدو من فحصهما أنهما يرتدان عنا بسرعة ٣٠ ميلا فى الثانية ، فإن ذلك يدل على أن هذه الخطوط الشاذة ليست جزءا من ضوء النجم، وفى هذه الحالة نستطيع أن نحدس أن هذه الخطوط صادرة عن الذرات المتناثرة فى الفضاء ، بيننا وبين النجم ، خصوصا إذا اثبت أنها ناتجة عن ذرات ذات طاقة ضئيلة .

وثمة شاهد قوى يؤيد هذه النظرية تأييدا تاما ، هو هذه الأزواج من النجوم التى تدور حول بعضها البعض فى مسارات خاصة ، وسنتحدث عنها فى الفصل التالى حديثا مستفيضا . فإذا كان مستوى مسار هذه النجوم يقع فى الإتجاه المناسب ، نشاهد أن هذه النجوم تقبل علينا ثم تدبر عنا بالتناوب ، فيأخذ

ضوؤها فى الإحمرار ثم فى الزرقة بالتناوب أيضا، نتيجة لتأثير دوبلر

أما الضوء الصادر من ذرات الفضاء النجمى فلا يعانى مثل هذا التغير الدورى فى طول الموجة، ومن ثمة كان من السهل تمييزه والتحقق منه، حتى لقد أصبح فى الوسع رؤية الكلسيوم والصوديوم والحديد والتيتانيوم فى الفضاء النجمى، بل لقد أمكن تمييز بعض المركبات الكيميائية المبسطة فيه.

على أن هناك خطوطا تعرض لنا فى الفراغات النجمية، لا تزال سرا لم يكتشف حتى الآن.. ولا ندرى شيئا عن الذرات أو الجزيئات التى تنبعث عنها هذه الأطياف.

وكلما إزداد بعد النجم عنا زادت ذرات الفضاء النجمى إمتصاصاً لضوئه، ومن ثم تزداد خطوط الفضاء النجمى شدة. ونلاحظ ذلك على الأخص فى النجوم التى تقع فى الطبقة المتربة المارة بمركز مجموعتنا النجمية. وبدراسة شدة هذه الخطوط نتمكن من تقدير أبعاد النجوم. ولكن هذه الطريقة لا يمكن الإعتماد عليها، لأن ذرات الفراغ النجمى — شأن التراب والضباب — موزعة فى رقع متناثرة.

وفى أطياف بعض النجوم البعيدة لا تظهر بعض خطوط من الضوء الذى تمتصه بعض ذرات الفضاء النجمى (مثل ذرات الكالسيوم التى فقدت أحد كهاربها) كخطوط مفردة، بل تظهر على شكل عدة خطوط. وليس من شك فى أن كل هذه الخطوط صادرة عن ذرات متشابهة. وتكشف لنا هذه الظاهرة عن مجموعات عديدة من الذرات تتحرك بسرعات مختلفة.

ويرى آدامز Adams أن هذه النجوم ترى من خلال سحب عديدة مختلفة

من الذرات ، وأن هذه السحب تتحرك بالنسبة إلى بعضها البعض بسرعات تتراوح بين ١٠ ، ٢٠ ميلا فى الثانية وهكذا يتبين لنا وجود سحب كبيرة من الذرات تدور وتتقلب بشدة فى الفضاء .

فالمناطق الشاسعة بين النجوم ليست فارغة ولا هادئة ، تحتوى على سحب من الذرات دائبة الحركة ورقع من التراب والضباب تمتطى تلك الرياح الذرية كما تمتطى سحب جونا كتلا هوائية ضخمة غير مرئية .

السدم اللامعة

سبق أن بينا أن التراب والدخان والذرات الموجودة فى الفضاء الواقع بين النجوم يمكن إدراك وجودها ودراستها بملاحظة قدرتها على إحتجاز أضواء النجوم الواقعة خلفها وليست هذه هى الطريقة الوحيدة التى تنبىء عن وجود هذا التراب النجمى ، إذ أن بعضها يمكن مشاهدته مباشرة على صورة سدم لامعة (أنظر اللوحتين ٥ ، ٧) وهى السحب المتوهجة التى يزدان بها طريق مجرتنا .

وهناك منظر مألوف يكثر شهوده فى السماء وقت الشتاء : هو كوكبة الثور الذى يتقدم كوكبة الجبار وكوكبة الكلاب .

وكلنا يعرف الثريا وهى مجموعة متماسكة من النجوم المتألقة .

وكم من ليلة شهدت فيها الثريا .

تتألق من خلال الظل الرقيق .

كأنما هى سرب من الحباحب، وقعت فى شراك جديلة من الفضة.

فالعين المجردة لاتشاهد غير « الحباحب » (أى النجوم) وأما الجدائل الفضية فتكشف عنها الألواح الفوتوغرافية — وهذه الجدائل عبارة عن ضباب متألق يحيط بالعنقود اللامع .

وتشاهد النجوم وكأنها واقعة فى شراك شبكة من الحبال المضيئة تمتد إلى مسافات بعيدة فى الفضاء المحيط بهذه النجوم .

وما الغمام اللامع إلا سحب مكونة من جسيمات صغيرة تعكس ضوء الثريا فيبدو فى لمعانه وكأنه رقعة فسيحة من الثلج يسقط عليها الضوء ثم يرتد عنها دون أن يلحقه أدنى تغير .

فتألق السديم الذى يحيط بالثريا ناشىء فى الواقع عن الإنعكاس . وتركيب هذه السحب معقد ، وهى أدق وأرق من أن تبلغها أقوى مناظيرنا . ومن هذا يتبين لنا كيف أن جسيمات الفضاء النجمى موزعة فى شكل خطوط ورقع .

وكثير من السدم المتألقة التى تزين الطريق اللبنى تشبه إلى حد كبير سديم الثريا .

ولكن كثير من سحب الفضاء النجمى لا تتألق بمجرد الإنعكاس ، فالسديم الكبير فى برج الجبار (لوحة ٧) ، الذى يلتف حول نجوم الرباعى يتألق بضوء مختلف تمام الإختلاف عن ضوء النجوم الساخنة التى توجد فى هذا السديم .

وتتوهج هذه السدم اللامعة بألوان كثيرة . فأضواء خطوط الطيف التى تسمى بالخطوط السديمية — وهى الأحمر والأخضر والأزرق والبنفسجى — تتوهج بقوة أشد بكثير من توهج الأيدروجين فى سديم الجبار . ولم يحدث أن عرفت المعامل هذه الألوان الطيفية ، ولذا فقد إفترض العلماء منذ مدة طويلة

أنها صادرة عن مادة لا توجد فى الأرض ، ومن هـذا أطلق عليها إسم « المـادة السديمية » .

وقد سجل تاريخ علم الفلك كثيرا من هذه المواد الافتراضية ، ولـكنها لم تصمد للزمن طويلا .

وظهرت المحاولة الأولى فى ميدان هذه الإفتراضات ، حين حاول العلماء البحث فى مصدر الضوء الأصفر الذى شوهد فى النتوءات الشمسية التى ظهرت حين رصدت الشمس وقت كسوفها عام ١٨٧٤ . فأطلق عليه نورمان لوكير Norman Lockyer على الفور إسم « الهليوم (أى عنصر الشمس) . ولـكن إتضح اليوم أن الهليوم عنصر مألوف على الأرض : بل هو فى الواقع يعتبر العنصر الثانى فى الـكون من حيث الشيوع .

أما عنصر الـكورونيوم ، الذى إفترض العلماء أنه مصدر الخطوط اللامعة فى هالة الشمس ، فقد إتضح فيما بعـد أنه لا وجود له وأن هـذه الخطوط الطيفية اللامعة ناتجة من ذرات معدنية مألوفة ، كالحديد ، والنيكل ، والكالسيوم .

وكذلك شأن المـادة السديمية . . . فأصلها مألوف ، والمواد التى تتكون منها معروفة فهى مكونة من الأكسجين ، والنتروجين ، والنيون ، ولـكن تحت ظروف أبعد عن أن تـكون ظروفا مألوفة . ولقد سبق أن عرفنا أن لـكل ذرة مجموعتها المميزة لها من الألوان التى تنفرد بها عن غيرها ، وبهذه الألوان فقط تستطيع أن تضىء كما أنها لا تستطيع أن تمتص من الضوء غير تلك الألوان . ومتى أمتصت الذرة ألوانها الخاصـة بها ، فإنها تـكون قد شحنت بطاقة ، ولـكن للذرة ميلا طبيعيا يدفعها دفعا إلى إطلاق هذه الطاقة والتحلل منها مرة أخرى .

ولا تستطيع الذرة أن تطلق من الأضواء إلا ما كان داخلا فى تركيب مجموعة ألوانها الطيفية؛ وتختلف سرعة إشعاع الذرة للألوان، فبعض الألوان ينطلق عنها توا، وبعضها يحتاج إلى زمن يطول أو يقصر باختلاف اللون.

وقد أصبح فى وسعنا أن نحسب السرعة التى تطلق بها الذرة ألوانها المختلفة، وتبين لنا أن بعضها ينطلق فى زمن لا يزيد على جزء من مليون جزء من الثانية، بينما يحتاج البعض الآخر إلى فترة أطول حتى ينبعث من الذرة، وهو يكون أخفت ضوءا ويكون صادرا عن عدد أقل من الذرات ولكل فصيلة من فصائل الذرات عدد عديد من الألوان المتمايزة إذا أن لكل من هذه الفصائل مجموعتها الخاصة من الإلكترونات، وهذه الإلكترونات موزعة على شكل ضباب متشابك معقد حول النواة. فحين تشع الذرة الضوء، يضيع جانب من طاقة الضباب الإلكترونى وينطلق فى شكل خفقة إشعاعية.

أما إذا أمتصت الذرة الضوء، فإن الضباب الإلكترنى يلتقط طاقة الإشعاع، ويهىء الضباب نفسه لإستيعابها ويتخذ توزيع الطاقة فيه شكلا آخر جديدا.

والأساس الذى بنى عليه تفهمنا للطيف هو أن طاقات الإلكترونات المحيطة بالنواة لا تأخذ أى قيمة ولكن لها قيمة معينة محددة ولا تتغير الطاقة بأى قيمة ولكن بكميات معينة محددة. والتغيرات الممكن حدوثها تخضع لقواعد معقدة إلى درجة مذهلة. ومحاولات تحليل الألوان الناتجة أشبه مايكون بمحاولة حل أحجية الكلمات المتقاطعة ولكن على نطاق واسع.

هذا وقد تبين لنا أن مجموعة الألوان التى يمكن أن تشعها الذرة لا تتوقف

على مجرد عدد الإلكترونات التى يحتويها الضباب المحيط بها ، ولكنها تتوقف أيضا على نظام توزيع طاقتها .

فإذا كان الضباب الإلكترونى للذرة متخما بالطاقة ، فيقال إن الذرة مهاجة أو مثارة ، وإذا أثقلت بطاقة أكبر مما تستطيع أن تستوعبه ، وأدى ذلك إلى إنفصال واحد أو أكثر من إلكتروناتها حاملا معه (أو حاملة معها) الطاقة الزائدة ، فيقال حينئذ أن الذرة متأينة .

والذرة المهتاجة لابد أن تعيد تكييف ماحولها من ضباب الإلكترونات وهى تطلق طاقتها فى مجموعة من الألوان تختلف عن المجموعة التى تطلقهـــا الذرة غير المهتاجة .

أما الذرة المتأينة ، فهى، من حيث طيفها ، تعتبر نوعا جديدا يختلف عن الذرة العادية إختلافا تاما .

وهذا يؤكد لنا ماسبق أن قلناه وهو أن الألوان التى تشعها الذرة لا تتوقف على كمية ما فيها من الإلكترونات فحسب ، ولكن على كيفية توزيع الطاقة بين هذه الإلكترونات .

ولقد سبق أن ذكرنا أن الخطوط التى تظهر فى طيف السدم كان يعزى وجودها من قبل إلى مادة إفترض العلماء وجودها وأطلقوا عليها اسم « مادة السديم » ، ولكن منذ مدة لا تزيد على عشرين عاما ، أثبت العالم باون Bowen أنها ترجع فى الأصل إلى ذرات من الأكسجين ، والنتروجين ، فقدت واحدا أو إثنين من مجموعتها الإلكترونية ، أما بقية الضباب الإلكترونى فقد أصبح فى حالة إهتياج طفيف ، أو هو فى تلك الحالة التى يطلق عليها « الحالة القلقة » وهى الحالة التى يكون فيها إحتمال تفريغ طاقة الإهتياج طفيفاً ، على أن الذى

يحدث هو أن تنطلق الطاقة فعلا ، ولـكن بعد مرور الفترة المناسبة ، ويتألق السديم بألوانه المميزة .

ولـكن ما هو السر فى أن هذه الألوان لم يسبق رؤيتها على الأرض ، ولم تسجلها أطياف النجوم ؟ والجواب على ذلك هو أن الذرات الأرضية والنجمية « تتعرض » لنفس هذه التغيرات ، ولـكن عدد الذرات التى تعانى هذه التغيرات فعلا زهيد جدا ، لأن إحتمال التغير ضئيل للغاية . ومن ثمت أطلق على هذه الخطوط الطيفية إسم « الخطوط الحرام »

وهى تسمية غير موفقة ، لأن التغيرات ليست محرمة ، وإن تـكن نادرة، وأنه لمن الخطأ البين أن نفترض أن هناك ظاهرات طبيعية يمـكن حدوثها فى السدم ويستحيل فى غيرها .

ونحن نرى الضوء الصادر من « الخطوط الحرام » فى السـدم بسبب ضخامة عدد الذرات فى هذه السدم ، وعلى الرغم من أن التغير لا يلحق الذرة إلا على فترات شديدة التباعد ، فإن التأثير المتراكم الذى تحدثه ملايين الملايين من الذرات تـكون من الـكبر بحيث يسهل ملاحظته وتسجيله .

والمظنون أن الذرات فى السدم اللامعة ، تجبر إجبارا على أن تـكون فى « الحالة القلقة » وذلك بسبب إرتطامها المستمر مع الإلـكترونات التى تسبح فى الفضاء .

إن الحالة السائدة فى داخل السدم اللامعة لا يمكن أن يتصورها الخيال ، فـكل سنتيمتر مكعب لا يحتوى على أكثر من ألف ذرة — فـكثافتها تعادل جزءا من ١٠ آلاف مليون جزء من كثافة الغاز فى أنبوبة التفريغ المألوفة فى المعامل .

وفى كل عشر سنوات ، فى المتوسط ، يحدث أن ينفصل الالكترون من ذرته ، فيصبح مهيأ لإثارة ذرة أخرى وردها إلى الحالة الحرجة . وتتحرك الإلكترونات حول الذرات بسرعة تبلغ حوالى ٦٠ ميلا فى الثانية ، وتصطدم الإلكترونات بإحدى الذرات مرة كل عشر سنوات ، ويحدث أن تصطدم بحبة صلبة من حبات الفضاء النجمى — مرة كل مليون عام . ولولا ضخامة حجم السدم ، لما وسعنا ملاحظة إشعاعها . فسديم الجبار يبلغ من الضخامة حدا كبيرا ، إذ يوجدمليون مليون ذرة فى كل سنتيمتر مربع واحد من مساحته . وفى كل لحظة يعانى عدد كاف من هذه الذرات ، هذه التغيرات التى يطلق عليها إسم « التغيرات المحرمة » ، وينطلق نتيجة لذلك ضوء يسهل ملاحظته.

بل إن تحليلنا للضوء يمكننا من تعيين كثافة الإلكترونات نفسها . فحينما تكون الإلكترونات متباعدة يكون أغلب الضوء الذى يشعه السديم أخضر . وإذا زاد عدد الإلكترونات أخذ الضوء يميل نحو الزرقة .

ويلمع معظم السدم بلون أخضر . فسديم الجبار مثلا يبدو للعين أخضر نوعا ما . مما يدل على أن كثافة الإلكترونات فيه ضئيلة . ولكن هناك سدما قليلة — قليلة جـــدا — يغلب على إشعاعها اللون الأزرق ، وهذه تكون كثافة الإلكترونات فيها عالية .

وسديم الجبار مثله كمثل كثير من سائر السدم العظمى التى توجد فى مجموعتنا ، يبدو غير منتظم الشكل وقد أظهر التحليل الدقيق أن هذه السدم مهلهلة مقطعة وأنها تشبه سحبا مختلفة الأنواع .

والذرات اللامعة — شأنها شأن المـادة الداكنة والسدم العاكسة — موزعة على شكل رقع ممزقة ملتوية بفعل قوى لم ندرك كنهها تماما حتى الآن .

وبعض السدم اللامعة مثل السديم الحلقى فى كوكبة السلياق (اللوحة ٨) أشد تماسكا وتماثلا من سديم الجبار ، والسديم الحلقى نجم محوط بحلقة غازية تلمع بإشعاعات لها خواص إشعاعات السدم . وقد لوحظ أن الحلقات التى تحيط بهذه السدم ، التى تسمى بالسدم الكوكبية[١] ، يبدو كما لو كانت منبعثة من النجوم المركزية ، ولقد وجد أن هذه النجوم على درجات عالية من الحرارة . ويكاد يكون من المحقق أن الحلقة ناتجة عن قذائف إنفجارية من سطح النجم . ولبعض السدائم الكوكبية حلقتان متحدتا المركز ، فكأنها قد عانت — لا إنفجاراً واحداً — بل إنفجارين متعاقبين ، يفصل بينهما فترة من الزمن تبلغ مليون سنة أو تزيد . وترى كثير من هذه الحلقات فى حالة عدم تماثل تبعدها عن الشكل الحلقى .

انفجار النجوم

إن المقذوفات الإنفجارية التى تندلع من أسطح النجوم يمكن مشاهدتها على أوسع نطاق فى تفجر هذا النوع من النجوم الذى يطلق عليه إسم «النجوم الجديدة» . وليس فى « النجم الجديد » من شىء جديد إلا أنه نجم يتفجر .... لا ، بل إن « النجوم الجديدة » ليست فى واقع الأمر إلا نجوما ممعنة فى القدم ، تحاول أن تتخلص من وضع لا قبل لها بالصبر عليه ، إذ تجد نفسها وقد عجزت تماما عن تحمل أسلوب الحياة الذى درجت عليه منذ القدم ، ولكنها فى محاولتها التخلص من هذا الوضع تتخذ لها أسلوباً عنيفاً .

---

(١) ليست هذه الأجسام — بطبيعة الحال — من الكواكب فى شىء ، وإنما سميت هكذا لأن كثيرا منها يتخذ شكل القرص .

وبعض هذه النجوم تنفجر فى مواعيد منتظمة أو شبه منظمة ، فتنفجر كل بضعة أسابيع . وهناك طائفة أخرى منها أعنف وأعتى ، ينتابها التفجر كل بضع سنوات . أما « النجوم الجديدة » اللامعة — فإن إنفجارها لا يحدث إلا نادراً . فقد يمضى بين التفجر والتفجر بضعة آلاف ، وأحياناً بضعة ملايين من الأعوام .

أما أعنف تلك الإنفجارات وأشدها هولا ، فهى إنفجارات النجوم « فوق الجديدة » تلك التى لا تحدث للنجم إلا مرة واحدة . فهى أقوى إنفجارات يمكن أن يشهدها البشر ، وكل هذه النجوم المتفجرة تقذف ببعض أجزائها فى الفضاء ، وتختلف شدة القذف بإختلاف قوة الإنفجار . ويمكن تتبع حركات المادة التى يقذفها سطح النجم الجديد تتبعاً تفصيليا بدراسة إشعاعاتها المميزة . ففى بضع الساعات الأولى للإنفجار لا يعانى النجم سوى إنتفاخ يأخذ فى التزايد فى سرعة كبيرة وقد يبلغ معدل الإنتفاخ ٢٥٠٠ ميل فى الثانية . . . ! وتزداد ضخامة سطح النجم شيئاً فشيئاً ، بينما يزداد تألقه وتبدو بشرة النجم فى حالة تمدد مستمر وكأنها بالون ينتفخ . وفجأة يبلغ تألق النجم الذروة القصوى ، وتلوح البشرة وكأنها فى حالة تمزق وإنفجار ، ويندفع من باطن النجم دفعات متلاحقة من المواد المتوهجة .

ويبدو النجم وكأنه شمعة رومانية عملاقة . فكرات الغاز المتوهجة تندفع فى كل جانب ، والسطح يتذبذب فى عنف ، والأمواج تتدفق إلى السطح متدافعة متلاحقة والذرات تتناثر منطلقة فى كل إتجاه ، وليست هذه الصورة سرحة من سرحات الخيال ، ففى وسعنا بدراسة الطيف ، أن نلائم بين تفاصيل أجزاء هذه الصورة التى عرضناها عليك بكل دقائقها .

وتدل الشواهد على أن المواد المقذوفة تكون فى مبدأ الأمر ذات كثافة عالية نوعا ما وبعد أن يتمزق السطح ، يشاهد ضوء ذرات متوهجة تحيط بجسم النجم ، مكونة طبقة كرية ملونة ضخمة حوله ، يمكن أن نطلق عليها إسم الغلاف النجمى .

ولكن تغيرا مفاجئا لا يلبث أن يحدث : فالغلاف النجمى يواصل تمدده فى سرعة خيالية وتتضاءل الذرات ، وتقل الكثافة ، ويظهر مايسمى «بالخطوط الطيفية الحرام » وأول ما يظهر منها تلك الخطوط التى تتلاءم مع الكثافة العالية للإلكترونات ، وما يلبث الغلاف أن يتوهج وكأنه هالة ، وبإزدياد رقة الغازات تتوهج الكتلة المتمددة كالسديم .

وأخيراً يتوقف تناثر الذرات ، وتتضاءل الغازات متسربة إلى الفضاء ، ويهمد تألق الإشعاعات ،ويهبط وميض النجم الجديد مرتد إلى درجته الأولى.

إن منظر النجوم الجديدة رائع أخاذ ، ولكن معظمها ينطبق عليه المثل القائل « زوبعة فى فنجان » وحال من يشاهدها كحال من يسمع جعجعة ولا يرى طحنا : وذلك أن الجزء من النجم الذى يتناثر نتيجة للإنفجار ، ليس إلا شطرا ضئيلا من كتلة النجم ، وتمر « الكارثة» — أيا كان سببها — فلا تخلف فى النجم أثرا مذكورا . ولا تعد « الكارثة» فاجعة حقا إلا فى حالة النجوم فوق الجديدة ، فإن الجزء الأكبر من النجم يتحطم ويتناثر فى الفضاء ، ولا يتخلف من النجم إلا شظية ضئيلة — هى عبارة عن نجم صغير — هو كل ما بقى من العملاق الذى تحطم إربا فى الفضاء . .

وأهم ما يسترعى إنتباهنا فى تفجر الجديد ، من وجهة نظرنا الحالية ، هو أنه بعد أن يبلغ تمدد النجم الحد المناسب يصبح طيفه أشبه ما يكون بطيف

السديم الكوكبي، تماما كما يشبه طيف السديم الكوكبي طيف سديم الجبار.

والواقع أن الذى نشاهده فى حالة النجم الجديد ، هو منظر نجم فى حالة تفجر ، أما فى حالة السديم الكوكبي فالمعتقد أن غلافه المتوهج ليس إلا الأثر المتخلف عن هذا الإنفجار. أما الغازات التى تتوهج فى سديم الجبار ،فنعتقد — ونرجو ألا نكون قد جانبنا الصواب فيما نعتقد — أنها لم تكن بأى حال من الأحوال جزءا من النجم .

فكل المواد التى تقذفها النجوم فوق الجديدة ، أو السدم الكوكبية أو النجوم التى سبق ذكرها فى الفصل السابق وقيل أنها تفقد غلافاتها الملونة بالتدريج ، كل هذا الطفح لا يمكن أن يكون المواد غير المتماسكة التى نشاهدها متجمعة كثيفة فى طريق النجوم .

فسديم الجبار وماشابهه لا بد أن يمثل المادة الأولية التى سبقت تكون النجوم . والحقائق الخطيرة التى كشف عنها العلم : أن المادة « الناضجة » التى تدخل فى تركيب النجوم لا تختلف فى شىء من حيث الخواص والتركيب عن المادة الخام التى لم تسبق لها أن دخلت فى تركيبها .

وفى وسعنا أن نعبر عن هذه النتيجة تعبيرا كميا ، إذ يمكن أن نحصى فعلا عدد الذرات الموجودة فى الغلاف النجمى ، أو النجم الجديد ، المتفجر ، أو السديم الكوكبي إذا علمنا قابلية الذرات المختلفة على إمتصاص الألوان الخاصة بها وإشعاعها .

أما دراسة السدم المشتتة فعلى جانب من الصعوبه ، إلا أن النتيجة العامة واحدة ، فيستخلص من هذه الدراسات أنه « لافرق » بين هذه الأنواع المختلفة ، سواء من ناحية أنواع الذرات التى تتكون منها أم من ناحية العدد

النسبي لهذه الذرات . وغاز الفضاء النجمى هو نموذج بارز للتركيب الذرى للمادة الأساسية التى تكونت منها النجوم .

أما النجوم فوق الجديدة — فتروى لنا قصة أخرى (اللوحة ٩) .

فأطيافها كالأحاجى ، تختلف عن أطياف كل الأجسام التى أمكن رصدها حتى الآن . لذلك كان من الصعب أن نحدد المواد التى تدخل فى تركيبها ، غير أنه فى وسعنا أن نحدد المواد التى « لاتدخل » فى هذا التركيب . ويلوح أن بها كمية ضئيلة من الأيدروجين ، وهو المادة الرئيسية التى تتكون منها معظم النجوم — وكل سدم المجرات .

وقد عرفنا من قبل أن النجوم تعيش على الأيدروجين ، فهل هناك دليل على هذا أقوى مما نلاحظه من أن النجوم فوق الجديدة هى فى نفس الوقت النجوم التى تفتقر إلى الأيدروجين ؟ ويلاحظ أن هذه النجوم هى الوحيدة بين النجوم التى تعانى إنقلابات جوهرية شاملة يمكن ملاحظتها بأعيننا . فمن حقنا إذن أن نعتبر هذا النوع من النجوم نجوما « مفلسة » ، وقد صفت حسابها ، وما نحسب أننا فى هذا التبعير من المسرفين .

ومعلوماتنا عن سدم الفراغ النجمى لاتقف عند حد الأغلفة المتمددة للنجوم الجديدة والسدم الكوكبية والسدم المتألقة فى المجرات ، فإن المنطقة التى نعيش فيها من المجرة يسودها ضباب خفيف من الذرات المتألقة ، وهى متباعدة بعضها عن بعض على حالة إنتشار كبير ، لذلك لاتبدو سدما متميزة متألقة ، ولكن يمكن تصوير ضوئها بأجهزة أعدت خصيصا لهذا الغرض .

وذرات هذا الضباب متناثرة متباعدة بعضها عن بعض إلى درجة يصعب تصورها حتى لايحوى السنتيمتر المكعب غير ذرة واحدة ، فكثافة هذا الغاز لاتزيد على جزء من ألف جزء من كثافة سديم الجبار .

وبرغم تباعد ذرات الغاز ، فإن غاز الفراغ النجمى موزع على حجم يبلغ من الضخامة إلى حد أن متوسط كثافته لايختلف كثيرا عن متوسط كثافة النجوم الموجودة فى نفس المنطقة — إن فى جزء المجرة الذى نعيش فيه ، وهو طريق المرور الرئيسى فى مجموعتنا النجمية،من المواد غير النجمية قدر ما يوجد من المواد النجمية . ومن المحتمل أن تكون النجوم قد قذفت جزءا من مادة الفراغ النجمى ، ولكن الجزء الأكبر من مادة الفراغ النجمى يعتبر من المواد الأولية التى لم يسبق لها فى الماضى أن دخلت فى تركيب نجم من النجوم .

الذرات فى الكون

فى الفصل الأول من هذا الكتاب حللنا طبيعة الشمس من نواحيها المتعددة، وتبين لنا ما لديها من قدرة على إستحداث مدى واسع من الأطياف تحت كثير من الظروف المختلفة ، وخطر لنا أنه من الممكن أن تبدو النجوم الأخرى فى مظهر آخر يختلف عن الشمس رغم تشابه الظروف .

وفى هذا الفصل من الكتاب بسطناأمام القارىء النواحى المتعددة لطبيعة الذرات وبينا أن نفس الذرات قد تكون مسئولة عن عددكبير من المظاهر نتيجة لإختلاف الظروف المحيطة بها .

فالأكسجين — مثلا — يتدرج فى سلم التغيرات التى يمكن أن تعتريه فى إنتقاله بين الأرض والسديم؛ ففى هوائنا الجوى يوجد الأكسجين فى حالته الجزيئية ، والجزىء مكون من ذرتين ترتبط إحداهما بالأخرى برباط إلكترونى . وجزىء الأكسجين ذو الذرتين التوأمتين يمتص مجموعة معقدة من طيف ضوء الشمس ، وإذا ارتفعنا فى الجو ٣٠ ميلا نجد جزىء الأوزون — وهو عبارة عن ثلاث ذرات من الأكسجين مرتبط بعضها ببعض — وهذا الجزىء يحجب أشعة الشمس فوق البنفسجية .

فإذا أمعنا فى الجو صعدا ، نجد ذرة الأكسجين المفردة ، وقد إستوفت

نصيبها من إلـكترو ناتها الثانية ، وأثيرت فى كثافة الجو الضئيلة فكونت الخطوط الطيفية الحرام المميزة لألوان الهالة . فإذا واصلنـا الصعود حتى بلغنا جو الشمس والنجوم ، وجدنا أن الألوان الطبيعية العـادية المميزة لذرات الأكسجين المختلفة قد إختفت وأمتصت من ضوء النجم . وبعض هذه الألوان خاص بذرات أكسجين قد إنفصل عنها إلكترون أو أكثر ، فإذا بلغنا تلك المناطق التى تفصل بين النجوم ، وهى فراغ مطلق أو يكاد ، فنى وسعنا أن نتلمس الخطوط الحرام لذرات من الأكسجين قد فقدت واحدا أو أكثر من إلـكترونانها الخارجية .

ويمر الأيدروجين كذلك بالمراحل المختلفة المناظرة لمختلف الظروف الـكونية . فالخطوط الطيفية لبخار الماء (أى الأيدروجين والأكسجين متحدين معا) تمتص أجزاء من ضوء الشمس ، كما تنبىء خطوط الطيف الخاصـة بالأيدروجين فى جونا عن غيث من ذرات الأيدروجين تهطل علينـا من الشمس . ويقتطع الأيدروجين من أطياف الشمس والنجوم ألوانه المميزة له . كما يعزى إلى الأيدروجين نقص الشفافية فى الطبقات السفلى من أجواء النجوم .

ويمـكن مشاهدة ذرات الأيدروجين المتوهجة فى السدم المتألقة ، مثل سديم الجبار ، كما يمكن مشاهدة الضوء الخافت لذرات الأيدروجين التى تمتد كضباب منتشر خلال الطبقة المركزية للمجموعة النجمية .

بل إن أيدروجين الفضـاء النجمى يظهر أيضا فى موجات الراديو التى تنبعث من ذراته المنتشرة إنتشارا رقيقا حينما تغير الإلـكترونات المصاحبة لها إتجاهها فجأة .

* * *

ولـكننا لم نفرغ بعد من إستعراض الأدوار التى يلعبها الأيدروجين فى

الكون . فكل ما سردناه حتى الآن لا يعدو أن يكون وصفا سطحيا لسلوك الأيدروجين أو بيانا لعمل الإلكترون الذى يصحب نواة الأيدروجين . فعلينا اذن أن ننفذ بأبصارنا إلى ماوراء الإلكترونات لنتوغل إلى صميم المسرحية ، فنواة ذرة الأيدروجين — ذلك الجسيم الذى نطلق عليه إسم البروتون — هو سر الحياة فى النجوم . وليس فى وسعنا أن نلاحظه مباشرة ، ولكن لانستطيع أن نشهد عالم النجوم إلا بملاحظة آثاره .

الجزء الثاني

المنظـــــــــــر

الفصل الثالث

من كل نجم زوجان :

النـــجوم المزدوجة

يندفع التيار النجمى عـدوا حول مساره الضخم المرسـوم فى نطاق مجموعة النجوم .

وإذا نفذنا ببصرنا خلال الضباب إلى أقرب النجوم السابحات إلينا فإننا نلاحظ أمرا عجباً :

هو أنه يندر أن يوجد بينها نجم يقطع الرحلة وحده ، فالغالبية العظمى منها تتحرك أزواجاً أزواجاً ، بل الأغلب منها أن تتحرك فى مجموعات ثلاثية أو أكبر . . . .

ولقد شهدنا من قبـل أن لـكل من الكلب الأكبر والأصـغر رفيقا صغيراً ــ يطلق عليه إسم « الجرو » . وليست هذه الظاهرة فى الواقع أمراً فذاً فريداً ، بل هى القاعدة الغالبة فى سائر النجوم .

وبالرغم من بعد المسافة التى تفصلنا عن هذه النجوم المزدوجة ، فقد أسفرت دراستها عن مجموعة ضخمة من الحقـائق . فهذه الصور الخاطفة لأزواج النجوم تعبر عن العلاقة الوثيقة بين الزوجين ، وهذه العلاقة لا يمكن أن تـكون وليدة المصادفة .

فإذا رأينا نجمين يتحركان وقد إقترب أحدهما من الآخر قرباً وثيقاً ، فلا يخطر ببالنا أننا نشهد « حادثة » من حوادث المرور توشك أن تحل بهذا

الممر الكونى . فبرغم ضخامة النجوم ، فإن الممر يبلغ من الرحابة حدا يؤمن معه أدنى إحتمال لوقوع أى إصطدام . وفى وسعنا إذن ان نقول إن حركات المرور الكونية تجرى فى أمان وسلام .

وقد يبدو من باب التناقض أن نزعم أن النجمين المكونين للمجموعة الثنائية وثيقا التقارب أحدهما من الآخر ، وأن نزعم فى نفس الوقت أن حركة المرور تبلغ من إتساع المدى إلى الحد الذى يستحيل معه وقوع إصطدامات .

ولكن هذا التناقض الظاهرى لا يلبث أن يزول وينقشع إذا نحن ألقينا على النجمين المكونين للمجموعة الثنائية نظرة فاحصة . فإن هناك علاقة وثيقة وإرتباطا متينا بينهما ، وكأنى بهما يرقصان رقصة الفالس حول النطاق المرسوم لهما خاضعين لقوانين غاية فى الصرامة — فالجاذبية القوية بينهما تعصمهما من الإبتعاد أحدهما من الآخر ، وحركات الرقص السريعة المتتالية تكفل لهما أن يظلا متباعدين بقدر ، وتعصمهما من الإلتصاق أحدهما بالآخر ، وإذا شئنا أن نعبر عن هذه الحقيقة تعبيراً علميا ، قلنا أنهما يدوران أحدهما حول الآخر بفعل قوة الجذب المتبادل بينهما .

وقد أكتشفت هذه الحركة المدارية للنجوم المزدوجة بمحض المصادفة . ففى أواخر القرن الثامن عشر ، كان وليم هرشل William Herchel يتلمس طريقة يستطيع بها أن يعين زاوية لإختلاف منظر النجوم — أى الإزاحة الدورية للنجوم القريبة بالنسبة إلى المنظر الذى يتألف من النجوم البعيدة ، بينما تدور الأرض دورتها السنوية حول مدارها.

فاختار عدداً من النجوم المثانى المتقاربة فى السماء على أمل أن يتضح بمرور الزمن أن أحد الزوجين أبعد من الآخر وأنهما إذا رصدا من طرفى مدار الأرض المتقابلين فسيبدو أقربهما وكأنه يقبل ثم يدبر بالنسبة إلى أبعدهما فى فترات يبلغ طول كل منها ستة أشهر .

ولكن المشاهدة خيبت ما كان يتوقعه هرشل ، فلم يجد حركة الإدبار والإقبال التى كان ينتظرها ، ولكنه وجد أن النجمين المكونين للمجموعة الثنائية يدوران أحدهما حول الآخر وأنهما يستغرقان مدة تزيد بكثير على ستة أشهر لإستكمال دورتها .

وهكذا إنتزع هرشل النصر من قلب الهزيمة ، فقد أدرك أنه قد إكتشف حقيقتين على جانب كبير من الخطورة .

أولاهما : أن النجمين الثنائيين يكونان مجموعة ثنائية حقا ، وأن عرى الإرتباط قد توثقت بينهما فى الفضاء .

وأخراهما : أن كلا منهما يتحرك فى مدار حول الآخر بفعل قوة الجاذبية ، وحتى ذلك الحين ، لم يكن قدعرف تأثير الجاذبية فى غير المجموعات الكوكبية . ولكن إكتشاف هرشل أثبت أن الجاذبية تسيطر على مجموعات النجوم أيضا .

ولم يلبث هرشل أن أدرك مدى أهمية هذه النجوم المزدوجة ، وشرع يعد قائمة بها . وسرعان ما تضخمت القائمة حتى تضمنت عشرات الألوف من النجوم المثانى فى مدة لا تزيد على قرنين من الزمان . ويغلب على ظننا الآن أن الأغلبية الساحقة من النجوم التى تختط لنفسها مسارا دائريا هى من النجوم المثانى .

وبالرغم من أن النجمين اللذين يكونان مجموعة مزدوجة أو ثنائية وثيقا القرب أحدهما من الآخر — (بل إنهما يكاد أن يتلامسان فى بعض المجموعات) — فإنهما فى مأمن من التصادم ، لأن حركتهما المدارية كفيلة بأن تبقى على ما بينهما من بعد ، تماما كما تؤدى الحركة المدارية للكواكب حول الشمس إلى تجنيبها السقوط داخل الشمس ، وكما أن حركة القمر حول الأرض تعصمه من أن يسقط نحو الأرض .

هذا إلى أن بمر النجوم يبلغ من الرحابة حدا يجعل إحتمال إرتطام زوج من النجوم بزوج آخر ، لا يزيد على إحتمال إصطدام زوج من الراقصين يؤديان رقص الفالس فى مدينة نيويورك ، بزوج آخر من الراقصين يؤديانها فى كاليفورنيا . . . . !

وفى وسعنا أن نستنبط — إذا راعينا الأبعاد الضخمة التى تفصل أزواج النجوم بعضها عن بعض — أن الإتحاد الذى يربط بين النجمين المكونين للمجموعة الثنائية ، هو رابطة وثيقة لا إنفصام لها . ولا يستطيع أن يفصل أحد الزوجين عن « زوجه » إلا قوة « إغراء » شديدة تنشأ عن جاذبية النجوم الأخرى .

على أن حركة المرور فى منطقتنا النجمية تكاد تكون مقفرة ، فلا يحتمل — إطلاقا — أن يقترب نجم من « زوجين » من النجوم قرباً كافياً يؤدى إلى إنفصالهما . أما تأثير النجوم البعيدة فضئيل جدا ، وإن كان يبدو أنه يؤدى — مع مرور الوقت — إلى التخفيف من قوة الرابطة بين النجمين المتزاوجين ، والإرخاء قليلا من شدة تعانقهما ، ومع ذلك فسيواصل النجمان أداء رقصة الفالس معا ، وإن إتسعت الشقة بينهما شيئا ما بمرور الزمن .

وإذا صحت هذه النتيجة ، إستتبعتها نتيجة أخرى : هى أن النجمين المكونين للمجموعه الثنائية كانا فى الماضى أشد قربا مما هما عليه الآن .

وفى وسعنا أن نضيف إلى ما تقدم أنه فى هذا المجرى الرحب الذى تنتثر فيه النجوم متباعدة بعضها عن بعض ، يستبعد كثيرا أن يكون إتصال المجاميع الثنائية ، وشدة إقتراب النجمين المكونين للمجموعة أحدهما من الآخر ، ودوران أحدهما حول الآخر — يستبعد كثيرا أن يكون هذا كله قد حدث بمجرد المصادفة ، ولا بد أن يكون التلازم بينهما قد توطد منذ البدء .

وهذه هى الحقائق الضخمة التى أسفرت عنها دراسة النجوم المزدوجة : فهى أزواج من النجوم كانت على الدوام أزواجا . . . . وقد نشأ النجمان المكونان للمجموعة معا ، نتيجة لعملية واحدة ، فعمرهما واحد ، والأحداث التى مرت بهما واحدة . فهذه المجموعة من « اللقطات » للمجموعة النجمية لا تعبر عن حالة عابرة ، أو رابطة وقتية ، ولكنها تظهر لنا تطور « شخصيتين » نبتتا فى بيئة واحدة ، ومرت بهما ظروف خارجية متشابهة . فكأنى بهما توأمين نشآ معا .

وربما أدى بنا التفكير النظرى المحض إلى نتائج لا تؤيدها الوقائع : فقد نظن أن هذين التوأمين لا بد أن يظلا إلى الأبد متشابهين ، فما داما قد ولدا معا ، وإرتبطا منذ البداية معا ، فلا بد أن يظلا على الدوام متشابهين . ولكن الحقيقة خلاف ذلك .

صحيح أن هناك توائم متشابهة ، ولكنها قلة نادرة ، ففى أغلب الحالات يكون النجمان المكونان للمجموعة الثنائية على إختلاف فائق الحد برغم ما بينهما من تشابه فى النشأة والتاريخ . وهنا يبرز لنا جانب من أخطر الجوانب التى تجابهنا فى دراستنا لتطور النجوم : فعلينا أن نفسر كيف يمكن للتوأمين أن يتحولا إلى شخصيتين متفاوتين إلى هذا الحد الكبير .

فلنلق نظرة على بضع حالات من هذه المجموعات من النجوم التى توطدت بين أفرادها العلاقة ، حتى يتسنى لنا أن نكون صورة تتجلى فيها مختلف حالات التزواج النجمى ، ومدى الإرتباط فى كل حالة ، وشدة العناق بين أفراد المجموعة ، وسرعة خطوات « الرقصة » التى تؤديها .

ولقد شاهد هرشل أزواجا من النجوم يدور كل فرد منها حول زميله فى مدارات بعضها بيضى ، والآخر دائرى .

وقد أسفرت المشاهدات عن أن الغالبية العظمى من النجوم المزدوجة التى

يمكن رصد حركاتها ، تكون مداراتها بيضية (وقد تستطيل هذه المدارات البيضية فى بعض الحالات إلى حد كبير) . أما النجوم التى تتخذ لها مدارات دائرية ، فهى القلة الشاذة .

ولكى نستطيع أن نكتشف مثل هذه المجموعات الثنائية ، لا بد من تحقيق بعض الشروط : فلا بد أن يظهر النجمان منفصلين ، وأن يكون بينهما بعد يكفى للملاحظة كل منهما على حدة .

أما إذا تجاوزت المسافة بينهما حدا معينا فإن قوة التجاذب بينها تكون من الضآلة بحيث لا يكون فى وسعها أن تلزمهما بالدوران أحدهما حول الآخر (والمعروف أن قوة الجذب بين جسمين — كما بين نيوتن Newton — تتناسب عكسيا مع مربع المسافة بينهما) . وأقرب نجم إلى الشمس هو الرفيق الخافت للنجم أ قنطورى ، ويبعد عنها بمقدار أربع سنوات ضوئية . ولسنا نتوقع أن تتكون من هذا النجم الخافت والشمس مجموعة ثنائية ، لأن البعد بينهما شاسع ، وتأثير النجوم فى مجموعها أرجح بكثير من قوة الجذب المتبادل بين النجمين . ومن شأن مثل هذين النجمين أن يؤثر أحدهما فى الآخر تأثيرا طفيفا ، ولكنهما لا يدوران أحدهما حول الآخر فى مسار مقفل كما تفعل النجوم المزدوجة .

وإذن فهناك شرط يلزم توافره لتكوين مجموعة مزدوجة من نجمين يدور أحدهما حول الآخر ، ذلك أن يكون هذان النجمان متقاربين إلى درجة كافية — أى أن تكون المسافة بينهما قصيرة إذا قورنت بمتوسط المسافات التى تفصل بين النجوم فى تيار الممر النجمى . ولكى نستطيع أن نرى مثل هذه المجموعة يجب أن يكون النجمان المكونان لها قريبين قربا كافيا وإذن فليس من المتوقع أن نرى نجوما مزدوجة فى غير المناطق القريبة منا .

ومن الصعب تمييز النجم المزدوج إذا إختلف لمعان النجمين المكونين

له . فإذا تقاربت درجتا لمعانهما ، فمن السهل إكتشافهما ، أما إذا كان إختلاف درجتى اللمعان شديداً ، صعب تمييزهما .

وتزداد هذه الصعوبة بإزدياد إختلاف اللمعان . ولتبيان منشأ هذه الصعوبة نجتزىء بالقول أن النجم الأضأل ضوءا قد يكون ضوؤه من الخفوت بحيث نعجز عن رؤيته .

وفى بعض الحالات يكون أحد النجمين المتزاملين لامعا دون الآخر إلى درجة تكفى لرؤيته ، ومع ذلك يمكن تعيين مدار النجم المزدوج . وهذا ماحدث فعلا فى حالة الشعرى اليمانية . فهذا النجم — الذى يسمى الكلب — هو واحد من أقرب النجوم إلينا . وهو يسير مع الشمس ، فى تيار المرور النجمى الأعظم ، ولكن سرعتى حركتيهما تختلفان إختلافا طفيفا .

ونتيجة لذلك يتغير موضعه بالنسبة للنجوم البعيدة . ويبدو لنا ذلك التغير واضحا لأن المسافة بيننا وبينه ليست كبيرة . والواقع أن هذا النجم يبلغ قربه منا حدا مكننا من تخطيط مساره بالنسبة إلى النجوم البعيدة بدقة كبيرة .

بل لقد شوهد هذا النجم — منذ مائة عام - يتحرك ، ولكن لا فى خط مستقيم ، بل فى مسار متموج ، أشبه ما يكون بحركة برِيمة لا نشاهد إلا جانبا واحدمنها ، هو الجانب العمودى على إتجاه نظرنا.

وجميع معلوماتنا عن حركات الأجرام السماوية تؤكد لنا أنها تسير فى خطوط مستقيمة مالم يعقها شىء . فهذه الحركة البريمية المنتظمة دليل أكبر على وجود عائق منظم . فإذا إفترضنا أن هذا النجم يتحرك حركة مدارية حول نجم آخر غير مرئى لظفرنا بتفسير مناسب لهذه الحركة البريمية المنتظمة .

وتستغرق « اللفة» البريمية قرابة خمسين عاما . ومعنى هذا أن هذين النجمين — الشعرى اليمانية المتألقة ورفيقها غير المرئى — يتمان دورة كاملة فى خمسين عاما .

وفى عام ١٨٦٢ تبين أن هذا التفسير صحيح جملة وتفصيلا ، حين إستطاع ألفان كلارك Alvan Clark أن يرى رفيق الشعرى اليمانية (الجرو) فعلا لأول مرة .

ومنذ ذلك الحين روقب هذان النجمان خلال مايقارب دورتين كاملتين ، وقد دلت الأرصاد — بما لا يدع مجالا للشك — أن المسار البريمى هو ما ينتج من إجتماع الحركة المدارية والحركة المستقيمة خلال الفضاء .

ويتحرك « الجرو » حركة بريمية أيضا ، ولكن مساره قدر مسار الشعرى اليمانية مرتين . وبعبارة أخرى ، يبلغ مدار « الرفيق » ضعف مدار « الكلب » (الشعرى اليمانية) حول مركز مشترك يتحرك عبر الفضاء فى خط مستقيم .

ويؤدى بنا هذا إلى إستعراض حقيقة أخرى تجعل للنجوم المزدوجة دلالة خطرة فى دراسة خواص النجوم على وجه العموم . فالنجوم المزدوجة هى النجوم الوحيدة التى يمكن وزنها .

وقد إعتدنا فى حياتنا العادية ، إذا أردنا إيجاد وزن شىء ما ، أن نوازنه بشىء آخر نعرف وزنه . وهذا هو ما سنفعله إذا شئنا معرفة وزن النجوم . فمدارا زوج من النجوم هما بمثابة الميزان ، ومركز جاذبية المجموعة تمثل نقطة الإرتكاز . وقد ثبت من قوانين الحركة - التى تسرى على المجموعة الشمسية - أن كتل النجوم المكونة للمجموعة المزدوجة تعين النسبة بين إتساعى مداريهما حول مركز الجاذبية . فكلما كبرت كتلة الجسم ، صغر مداره .

ولما كان مدار « الجرو » يكاد يبلغ ضعف مدار الشعرى اليمانية ، فإن ذلك يستتبع أن تكون كتلة الشعرى اليمانية قرابة ضعف كتلة « الجرو » .

ولكن هذه الطريقة لا تبين لنا إلا « نسبة » الكتل بعضها إلى بعض ، ولا تحدد لنا « مقادير » هذ الكتل .

فإذا شئنا أن نعين الكتلة الكلية للمجموعة المكونة من الشعرى اليمانية والجرو فلابد لنا من معرفة الطولين الحقيقين للمدارين ، والزمن الذى يستغرقانه فى إتمام الدورة ، وذلك بتطبيق نفس قوانين الحركة التى تطبق على المجموعة الكوكبية .

فإذا عرفنا مجموعة الكتلتين ، إستطعنا بعملية حسابية بسيطة أن نحصل على كتلة كل من النجمين على حدة .

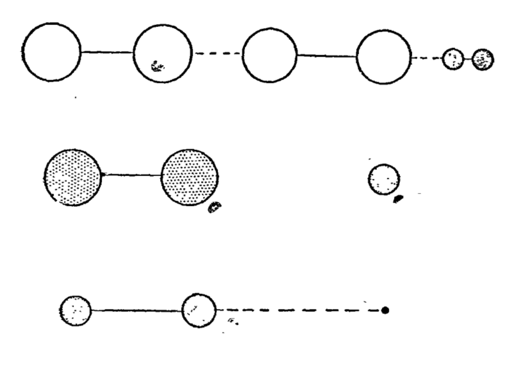
وقد إضطررت إلى التعرض لهذه التفصيلات الفنية نوعا ما لأنى أريد أن أشرح الطريقة التى تتبع فى إيجاد وزن النجوم ، ولكى أبين أن النجوم الوحيدة التى يمكن إيجاد وزنها هى النجوم المزدوجة . وهذه النقطة فى حاجة إلى مزيد من التأكيد ، فربما كانت كتلة النجم هى أهم خواصه على الإطلاق .

وقد ذكرت فى الفصل الأول أن النتاج الكلى لطاقة النجم ، (لمعانه) ، تكاد تعتمد إعتمادا كليا على وزن النجم (قانون الكتلة واللمعان) . وقد آن لنا أن نذكر حقيقة على جانب كبير من الأهمية ، هى أننا ما كنا لنصل إلى إدراك هذه العلاقة التى تضمنها هذا القانون إلا بدراستنا للنجوم التى يمكن وزنها ـ ووزنت فعلا — وأعنى بها النجوم المزدوجة . وليس لدينا أى طريقة ـ على الإطلاق — لإيجاد وزن النجوم التى تتحرك وحدها .

ولمعان الشعرى اليمانية أكبر من لمعان الشمس مائة مرة ، أما « الجرو » فإن لمعانه لا يزيد على جزء من مائة جزء من لمعان الشمس . ومعنى هذا أن لمعان الشعرى اليمانية أكبر من لمعان رفيقها الجرو عشرة آلاف مرة ، ولكن وزنها لا يزيد على ضعف وزنه . . . فالجرو يربط بين كتلة النجم ونتاج طاقته .

فلو كان هذا النجم خاضعا للقانون ، لوجب أن يكون لمعـــانه كلمعان الشمس — أى أن يكون على درجة من اللمعان تفوق درجة لمعـانه الفعلى نحو مائة مرة !

ومجموعة الشعرى اليمانية تمثل زوجا مكونا من نجمين توأمين (شكل ١) . ولا مناص لنا من أن نعتقد أنهما نجمان نشآ معا ، وقضيا حياتهما متزاملين . والآن فلنحاول أن نقارن بينهما .



(شكل ٣)

مركبات أربعة من النجوم المزدوجة والمتعددات النجمية المرسومة مع الشمس بمقياس رسم واحد للمقارنة . وقد وصلت المزدوجات ذات الأفراد الوثيقة القرب بعضها من بعض بخطوط متصلة — وذات الأفراد المتباعدة بخطوط منقوطة .

الصف العلوى : أفراد النجم رأس التوأم المقدم .

الصف الثانى من اليسار : الحواء ؛ من اليمين : الشمس .

الصف الثالث : أفراد النجم الوازن (رجل قنطورس)

الصف الرابع : أفراد النجم (أدحى النعام .)

فسطح الشعرى اليمانية أسخن من رفيقها ، وكتلتها ضعف كتلته ،وحجمها قدر حجمه ستين مرة ، ولمعانها قدر لمعانه عشرة آلاف مرة . ولكن كثافته تعدل كثافتها ستين ألف مرة .

ومع ذلك كله ، فهما نجمان « توأمان » !! وكلمة « توأمين » توحى بمعنى التشابه والتماثل .... وليس فى وسعنا أن نتخيل شيئين أبعد مايكونان عن التشابه والتماثل من هذين « التوأمين » .... !!

بل أنهما ليختلفان ـ أيضا ـ أشد الإختلاف من حيث طريقة الإستهلاك الذى يحدث فى باطن كل منهما .

فالشعرى اليمانية تستهلك ما فى باطنها من أيدروجين بإنتظام عن طريق « دورة الكربون » .

وأما « رفيقها » فيمثل حالة الإفلاس النجمى ،أى أنه عاجز عن إطلاق طاقة نووية فى باطنه ، وأكبر الظن أنه يتغذى (مستعينا على حفظ بقائه) عن طريق الإنكماش التثاقلى الذى يحول طاقة الوضع فى بطء إلى طاقة إشعاعية .

وهكذا نستطيع أن نتبين فى هذه المجموعة النجمية المكونة من الشعرى اليمانية ورفيقها ماذا يمكن أن يفعل التطور فى نجمين متآخيين فيحيلهما إلى شخصيتين متناقضتين فى صفاتهما وخصائصهما أشد التناقض .

وفى وسعنا أن نتبين من هذا التناقض ما تنطوى عليه قصة تطور النجوم من أحداث متباينة كل التباين ، تتحكم فيها قوى متضاربة كل التضارب .

ومع ذلك فليس كل توأمين نجميين مختلفين فيما بينهما هذا الإختلاف الذى نراه فى الشعرى اليمانية ورفيقها .

فنى « كوكبة السنبلة » نجم يمكن رؤيته بالعين المجردة . وفى إستطاعة أى مرقب صغير أن يبين لنا أنه فى الحقيقة مكون من نجمين متماثلين لمعانا

ولونا وكل منهما يتأرجح بين الشمس والشعرى اليمانية من حيث الحجم والتألق والكتلة . وهما متشابهان فيما بينهما تشابه حتى البازلاء ، ويدوران حول أحدهما الآخر، مرة كل مائتى عام ، ويتخذان مسارا بيضيا شديد الإستطالة.

ونجم آخر يمكن رؤيته بالعين المجردة كذلك ، هو النجم الخامس فى كوكبه السلياق ، وفى وسعنا أن ندرك بأعيننا أنه نجم مزدوج دون حاجة إلى إستعمال المرقب . وهو يبدو للعين كبقعتين من الضوء ، متماثلتين تألقا ولونا ، ولكنهما متباعدتان أشد التباعد، وربما إستغرقتا مئات من آلاف السنين لتتمادورة واحدة.

والواقع أن كلا منهما فى ذاته مكون من نجمين ، يتم أحدهما دورته حول الآخر فى عدة قرون .

والنجوم الأربعة المكونة لهذه المجموعة متماثلة ، وكل منهما أصغر من الشعرى اليمانية وأبرد وأخفت ضوءا . ولا يختلف أحدهما عن زملائه فى أى من هذه الصفات .

وهناك مجموعة أخرى أروع ، هى المجموعة المسماة رأس التوام ، وهى ألمع التوأمين السماويين فى برج الجوزاء .

وإذا رصدنا رأس التوأم بالمرقب ، يتضح لنا أنه ثلاثى — أى مكون من ثلاثة نجوم — ولكن هذه النجوم الثلاثة التى يتكون منها ليست متشابهة فإثنان فقط يشبهان الشعرى اليمانية لمعانا ولونا ، وأما الثالث فخافت الضوء ، شديد الحمرة ، أبرد كثيرا من الشمس .

وقد أثبت التحليل الطيفى أن هذه النجوم الثلاثة المكونة لرأس التوأم ، يتكون كل منها من نجمين متشابهين . فكأن رأس التوأم نجم سداسى ، أى مكون من ستة نجوم ، أربعة منها أشبه ما تكون بالشعرى اليمانية ، وإثنان أصغر من الشمس وأخفت ضوءا ، وأخف وزنا وأقل حرارة منها .

ويتم النجمان الأحمران الخافتان دورتهما أحدهما حول الآخر فى ١٩ ساعة، وأحد الزوجين اللامعين يدور النجمان المكونان له أحدهما حول الآخر فى ثلاثة أيام، أما النجمان المكونان للزوج اللامع الآخر فيتمان دورتهما أحدهما حول الآخر فى تسعة أيام.

وفضلا عن هذا، يدور النجمان المزدوجان اللامعان برمتهما أحدهما حول الآخر فى حوالى ٣٠٠ عام، كما تدور مجموعة النجمين الأحمرين الخافتين حول المجموعة الرباعية المكونة من النجوم اللامعة فى مدة قد تتطاول إلى ملايين الأعوام!.

فالنجوم الستة تكون إذن مجموعة متآلفة أو مجموعة طبيعية، يربط بينها الجذب المتبادل الذى يتحكم فى حركاتها ويرسم لها مداراتها، وهذه النجوم الستة من سن واحد، وأصل واحد، ولها تاريخ واحد، ولكن التطورات المتباينة التى مرت بها قد حولتها إلى ما نراها عليه الآن من إختلاف فى الصفات وتباين فى الخصائص.

وأقرب نجم إلى الشمس مكون من مجموعة ثلاثية. ويمكن مشاهدته فى نصف الكرة الجنوبى، فى كوكبة قنطورس، ويعرف باسم أ قنطورى.

وهذا النجم — على شدة تألقه وقربه منا — لا يحمل سوى هذا الإسم العلمى. ومن عجب ألا يكون له إسم شعبى مألوف شأن بعض النجوم الأخرى التى لا تدانيه قربا ولا تألقا. والنجوم الثلاثة التى يتكون منها هذا النجم ليست متماثلة. فأشدها تألقا يعتبر فى حجمه ولمعانه ودرجة حرارته وكتلته ندا للشمس.

وأما النجم الثانى فأكبر قليلا من الأول (١) ولكنه أخفت ضوءا وأقل حرارة وأصغر حجما.

---

(١) وبعبارة أخرى، يقع هذا النجم من خريطة راسل فوق نجوم التتابع الرئيسى بقليل. لذلك كان أقرب إلى النجوم العمالقة الدنيا منه إلى نجوم التتابع الرئيسى.

وأما النجم الثالث فيعتبر ، بين النجوم التى درست ، من أصغرها حجما ، وأقلها حرارة . فقطره لايزيدعلى ٦٪ من قطر الشمس . وموقعه فى خريطة راسل فى ذيل نجوم التابع الرئيسى، ومن عجب أنه لايعتبر من الأقزام البيضاء برغم أنه أخفت ضوءا بكثير من رفيق الشعرى اليمانية .

ويتم النجمان المتألقان فى هذه المجموعة دورتهما أحدهما حول الآخر فى مدى ٨٠ عاما .

وأما الرفيق الضئيل — ثالث نجوم هذه المجموعة — فيعرف باسم الأقرب القنطورى وسمى الأقرب لأنه أدنى جيراننا النجمية إلينا . ولهذاالنجم مسار يبلغ من الكبر حدا يجعلنا عاجزين عن معرفة الزمن الذى يتم فيه دورته ومن ثم كان عجزنا عن معرفة وزنه . ولكننا واثقون مع ذلك من أن هذا النجم ينتمى فعلا إلى مجموعة رجل قنطورى لأن هذه النجوم الثلاثة تتحرك كلها عبر الفضاء بسرعة واحدة .

وهناك أيضا مجموعة ثلاثية مشهورة من المجموعات النجمية الثلاثية ، هى مجموعة أدحى النعام وهى تشبه مجموعات قنطورى فى بعض الخصائص ، ولكنها تخالفها إلى حد بعيد فى نواح أخرى . وألمع هذه النجوم الثلاثة أشبه ما يكون بالشمس ، وإن يكن أصغر منها قليلا وأقل درجة حرارة وأخفت ضوءا .

وأما النجم الثانى فى هذه المجموعة فهو أشبه بالنجم الأقرب وهو من نجوم التابع الرئيسى ، ودرجة حرارته منخفضة جدا ، وتبلغ كتلته خمس كتلة الشمس ، وقطره خمس وقطرها .

وأما النجم الثالث فى هذه المجموعة فمفاجأة مثيرة ـ فهو قزم أبيض ، تبلغ كتلته نصف كتلة الشمس ، ولكن قطره لايزيد على ٢٪ من قطرها ، ومن ثم كانت كثافته تزيد على كثافتها ٦٤٠٠٠ مرة . . .!!

ويدور النجمان الثانى والثالث فى هذه المجموعة أحدهما حول الآخر فى مدة ٢٥٠ سنة ويدوران معا حول النجم الأول ـ ألمع نجوم المجموعة ـ متخذين مسارا غاية فى العظم.

ويلاحظ أن النجوم المزدوجة التى يمكن ملاحظة حركة دورانها حول بعضها البعض (والتى تسمى الثنائيات الملحوظة) تتم دورانها فى بطء . وقد أمكن فعلا ملاحظة قليل منها وهى تتم دورات كاملة . ويندر بين « الثنائيات الملحوظة » مايتم دورته فى أقل من عشر سنوات. بل إن الأغلبية العظمى منها تتطلب مئات السنين بل آلافها لإتمام دورتها . والسبب فى هذا يرجع إلى حدما إلى الشروط التى يتطلبها إكتشاف هذه النجوم . فالنجوم ذات المسارات الكبيرة هى النجوم التى تستغرق لإتمام دورتها زمنا طويلا . ولا يتأتى لنا رؤية نجوم المجموعة منفصلة عن بعضها البعض إلا إذا كانت مساراتها كبيرة .

ولكن هناك نزعة واضحة فى تلك « الثنائيات الملحوظة » لايمكن أن يكون مردها مجرد المصادفة ، فمعظمها يتخذ لنفسه مسارات بيضية طويلة لا دائرية ، وكلما طالت المدة التى تستغرقها الدورة ، كلما كان المسار الذى تتخذه أشد نزوعا إلى الإستطالة .

وإذا إستعرضنا الثنائيات الملحوظة نجد أنها على عدة أنواع متفاوتة فيما بينها أشد التفاوت . فمنها ـ كما رأينا ـ التوائم المتماثلة ، التى تتأرجح بين النجوم التى تشبه الشعرى اليمانية وبين النجوم الخافتة الضئيلة ذات درجة الحرارة المنخفضة .

وجميع هذه النجوم المتماثلة تحتل فى خريطة راسل مكانا هو أدنى ما يكون إلى سلسلة التتابع الرئيسى التى وصفناها فى الفصل الأول.

وهناك ـ كما رأينا أيضا ـ نجوم أخرى متباينة (أى غير متماثلة) ، مثل النجوم

التى تكون مجموعة رجل قنطورى ومجموعة رأس التوأم المقدم وهى نجوم تتباين فيما بينها تبايناً واضحاً ولكنها تحتل مكانا قريبا من نجوم التتابع الرئيسى كذلك .

وأخيرا نجد فى مجموعة الشعرى اليمانية ، ومجموعة الشعرى الشامية ومجموعة أدحى النعام ، نجوما من سلسلة التتابع الرئيسى تصاحبها أقزام بيض . وهما نوعان من النجوم يختلفان عن بعضهما البعض من حيث الجوهر والمظهر جميعا .

وكثير من الأقزام البيض يشترك مع النجوم الأخرى ، فى تكون المجموعات التوأمية ولكن بعضها يوجد وحيدا .

وربما لاحظ القارىء أننا لم نذكر بين النجوم المزدوجة المرئية التى سردناها نجما واحدا من تلك النجوم التى تفوق الشعرى اليمانية فى اللعان ودرجة الحرارة . صحيح أن أمثال هذه النجوم من الندرة بمكان ، ولكنها مع ذلك شديدة اللعان بينة الوضوح ، لذلك كان إغفال ذكرها فى قائمة النجوم المزدوجة مثيرا للتساؤل مستوجبا للتعليق . ومن الخطأ أن نستنبط أنها ليست أهلا لتكوين مجموعات المثانى بسبب فرط لمعانها وضخامة كتلتها وإستقرار حرارتها ، فالواقع أن نسبة النجوم الثنائية بين هذه الطائفة من النجوم أكبر منها بين النجوم التى تشغل موقعا فى خريطة راسل تحت نجوم سلسلة التتابع الرئيسى . فلماذا إذن لانرى حركاتها فى مداراتها ! ؟ هناك سببان جوهريان :

أولهما : ندرة أمثال هذه النجوم فى الفضاء وبعدها عنا ، فأقربها إلينا أبعد من معظم النجوم التى درسناها .

وثانيهما : أن أمثال هذه النجوم اللامعة الحارة المكونة للمجوعات المثانى بعضها أقرب إلى البعض من النجوم المكونة للثنائيات المنظورة . فدوراتها لاتحسب بعشرات السنين ولكنها تحسب بالأيام ، بل بالساعات فى بعض

الحالات ، ومعنى ذلك أن مساراتها أقصر بكثير من مسارات المزدوجات المنظورة .

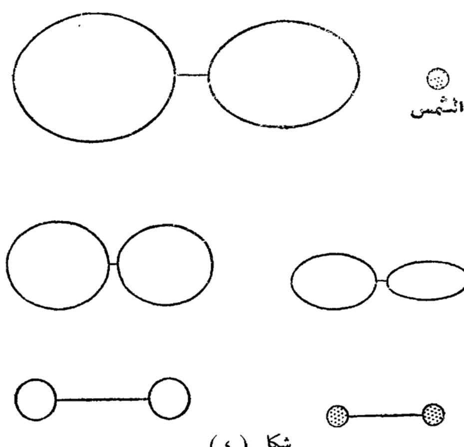
فلا بد إذن من إستخدام وسلة أخرى للكشف عن هذا النوع من المزدوجات ودراسته . ويمكن الكشف عن المجموعات المزدوجة الشديدة القرب وقياسها بوساطة المطياف ، فبتقدير التغير فى لون الضوء المنبعث من الأشياء المقبلة علينا أو المدبرة عنا ، نستطيع بهذا الجهاز أن نقيس سرعة نجم فى مساره والزمن الذى يستغرقه فى قطع هذا المسار ، فمن السهل أن نحصل على مساحة هذا المسار .

وصغر مساحة المسار لاتقف أمامنا عائقا ، فالواقع أن النجوم المتساوية الكتل تشتد سرعتها كلما صغرت مداراتها ، ومن ثم يكون إكتشافها أسهل منالا .

ويطلق على الثنائيات التى أمكن إكتشافها عن طريق سرعة حركتها نتيجة لتأثير دوبلر إسم الثنائيات الطيفية .

وقد عرف منها فعلا مئات المجموعات ، التى تمتاز بشدة قرب النجوم المكونة لها بعضها من بعض ، وبأن مساراتها أقرب إلى الإستدارة من مسارات « المزدوجات الملحوظة » .

وهناك ناحية يجب أن يحسب حسابها — وهى مدى ميل المسار بالنسبة إلى الراصد . فحين يكون المدار مواجها للراصد ، فإن الحركة الإقبالية الإدبارية لايمكن ملاحظتها ، ولذلك كان من المتعذر إكتشاف المجموعة الثنائية إذا واجهتنا بمدارها . وأما إذا كانت حافة المدار فى إتجاه نظر الراصد أو تكاد ، فإنه يمكن إكتشاف المجموعة . إلا أننا مع الأسف لانستطيع أن نحدد مقدار ميل مستوى المدار على إتجاه النظر ومن ثم نعجز عن تقدير مدى إتساعه .



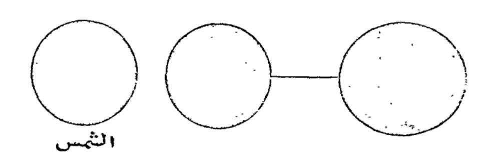
شكل (٤)

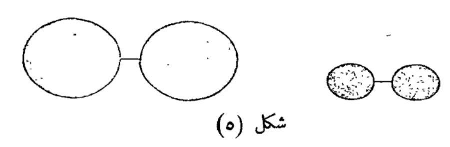
الأحجام والأبعاد النسبية لعدد من النجوم التوائم ذات اللمعان الفائق ، وترى صورة الشمس للمقارنة . ويرى فى يسار الصف العلوى نجم متغير فى كوكبة الكلب الكبير ، ويلاحظ أن النجوم المزدوجة المتقاربة تكون مفرطحة نتيجة لقوى المد الناشيء عن قرب النجمين المكونين لها وسرعة دورانهما الكبيرة . بينما الأمر على عكس ذلك فى حالة المزدوجات التى تباعدت أفرادها .

وإذا صادف أن كانت حافة المدار فى مواجهة الراصد تماما ، فإن كل نجم لابد أن يحجب الآخر مرة فى كل دورة ، ويحدث له كسوفا .

وإذا شوهد كسوف نجمى (أى خفوت دورى فى ضوء النجم) وأظهر المطياف أن هذا النجم مجموعة مزدوجة ، ففى وسعنا أن نعرف عنه كل شيء :

إتساع مداره ، ميله ، وحجم كل من النجمين المكونين له ، وكتلته — كل ذلك يمكن تحديده تماما .





شكل (٥)

الأحجام والأبعاد النسبية لبعض المزدوجات التى لا يزيد لمعانها عن الشمس.

رسم هذا الشكل على أساس دراسات س جابوشكين S. Gaboschkin زوج المؤلفة

صحيح أن العمليات الرياضية اللازمة للحصول على هذه النتائج معقدة ، ولكنها عمليات صحيحة تؤدى إلى هذه النتائج دون شك .

فالمزدوجات المطيافية — التى هى فى نفس الوقت نجوم كسوفية — هى مفتاح جميع ما حصلنا عليه من معلومات عن أبعاد النجوم .

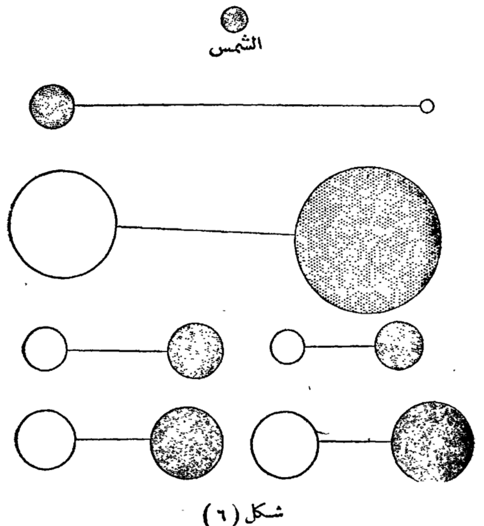
وقد تم إكتشاف آلاف من تلك النجوم الكسوفية — تلك النجوم التى تدور فى مسارات تواجهنا تماما بحافتها أو تكاد .

والأغلبية الساحقة من النجوم الأشد حرارة ولمعانا هى مزدوجات

مطيافية ، وبعبارة أخرى معظم النجوم التى تقع على خريطة راسل فى قمة سلسلة التتابع الرئيسى هى مزدوجات .

وهناك سمة أخرى تكاد تشترك فيها جميع النجوم الحارة اللامعة . تلك هى نزعتها إلى الدوران حول نفسها فى سرعة .

فإذا إقتربنا من النجوم الأقل حرارة ، أى الأخفت ضوءا ، وجدنا نسبة المزدوجات قدبدأت تقل، كما تقل السرعة المتوسطة لدوران النجم حول نفسه . وكما أسلفت فى الفصل السابق نعلم أن هذا الدوران والتوأمية ظاهرتان متلازمتان



شكل (٦)

مجموعة من المزدوجات غير المتماثلة ، وقد رسمت الشمس فى أعلى كمعيار للمقارنة ، والمجموعة التى فى أسفل إلى اليسار هى مجموعة الغول .

والملاحظ أن المزدوجات المكونة من نجوم التتابع الرئيس الحارة تكاد تكون كلها مزدوجات متماثلة .

فإذا بحثنا على خريطة راسل خلال المنطقة اللامعة التى تحد نجوم التتابع الرئيسى بحثا عن مزدوجات متباينة ، لوجدنا أن أعلاها هو نجم « الغول » وموقعه فى الخريطة فوق الشعرى اليمانية مباشرة .

ونجم الغول هو أحد أفراد كوكبه برشاوش . وترتيبه فى هذه المجموعة الثانى من حيث اللمعان . والمظنون أن إطلاق إسم « الغول » على هذا النجم يرجع إلى أنه يبدو للرائى وكأنه يغمز بعينيه غمزات مخيفة ، بين كل غمزة وأخرى مدة تقل عن ثلاثة أيام ، وقد دل الفحص الدقيق على أن له غمزات أخرى ، وإن تكن أقل وضوحا ، تحدث فى منتصف المدة بين كل غمزتين من غمزاته الرئيسية .

والتفسير العلمى لهذه الغمزات هو أن النجمين المكونين لهذه المزدوجة التى تسمى « الغول » يدوران أحدهما حول الآخر ، ويتمان دورتهما فى مدة تقل عن ثلاثه أيام ،فى مسار دائرى تكاد تتجه حافته نحونا . . فحين يعترض أحد النجمين الطريق بيننا وبين النجم الآخر يحجب بعض ضوئه ويحدث ما يسمى بالكسوف النجمى .

ويلاحظ أن أحد النجمين أخفت من النجم الآخر ضوءا ،فإذا كان النجم الأخفت فى مواجهتنا ، فإن كمية الضوء المحجوبة تكون كبيرة ، ويكون الكسوف الحادث كسوفا واضحا .

أما إذا كان النجم المواجه لنا هو النجم الأشد لمعانا ،كان الضوء المفقود أقل ، وكان الكسوف الحادث أقل وضوحا .

والنجم الألمع فى هذه المزدوجة الكسوفية هو أحد نجوم التتابع الرئيسى. وهو ألمع وأشد حرارة وأكبر حجما من الشعرى اليمانية .

أما النجم الأخفت فى هذه المجموعة فهو من طائفة لاعهد لنا بها من قبل. إنه أكبر حجما من رفيقه ، ولكن لمعانه يبلغ جزءا من ثلاثة عشر جزءا من لمعانه وكثافته تبلغ حوالى ربع كثافته ، وسطحه أقل حرارة من سطحه إلى حد كبير . وهو أخفت من أن يعتبر نجما عملاقا ، وألمع من أن يعتبر نجما من نجوم التتابع الرئيسى . . . إنه نموذج لطائفة من النجوم تعرف باسم العمالقة الدنيا .

وللغول خواص ينفرد بها . فهو — مثلا — نجم ثلاثى أى مكون من ثلاثة نجوم ، ولكن النجم الثالث لم يشاهد حتى الآن ، وربما كانت مكونات الغول تفوق الثلاثة عددا . ولكن الخاصية التى جعلت منه نجما نموذجيا ، فيه تتمثل طائفة كبيرة من المزدوجات، هو وجود نجم عميليق كسوفى (عملاق أدنى) بين أفراد مجموعته .

وقد أكتشف فعلا عدد ضخم من النجوم تشبه « نجم الغول » يتكون كل منها من نجمين ، ألمعهما من نجوم التتابع الرئيسى (ولا يختلف فى حجمه كثيرا عن حجم الشعرى اليمانية) وأخفتهما نجم عميليق ، أقل من الأول كثافة ، وأقل حرارة .

وقد مر عهد كانت فيه جميع النجوم العميليقية المعروفة داخلة فى تكوين المزدوجات الكسوفية ، ولكننا تحققنا اليوم من أن هناك عميليقات تعيش منعزلة . وقد فحصت بعض مناطق النجوم المشابهة للشعرى اليمانية ، ودرست المثانى التى يدخل فى تركيبها نجوم التتابع الرئيسى (التى أكتشفت كنجوم كسوفية ومزدوجات طيفية) فوجد أنها تنقسم إلى طائفتين متمايزتين : —

طائفة تحتوى على توائم متماثلة ، والأخرى تحتوى على توائم متباينة ، يكون أحد التوأمين فى كل مجموعة منها عميليقا .

وتوجد التوائم المتماثلة فى شكل مزدوجات كسوفية ، وتقع فى خريطة راسل على طول إمتداد منطقة نجوم التتابع الرئيسى .

ومن هـــذه المزدوجات توائم غير عادية كرية الشكل بطيئة الدوران ، تشبه شمسنا شبها كبيرا .

وهناك مزدوجات أخرى أكثر شيوعا ، لهـا نفس الحجم ، ولـكن النجوم المكونة لها أوثق قربا من بعضها البعض ، وأسرع دورانا وتدويما . وقد أدى فرط سرعة دورانها إلى تشويه كريتها .

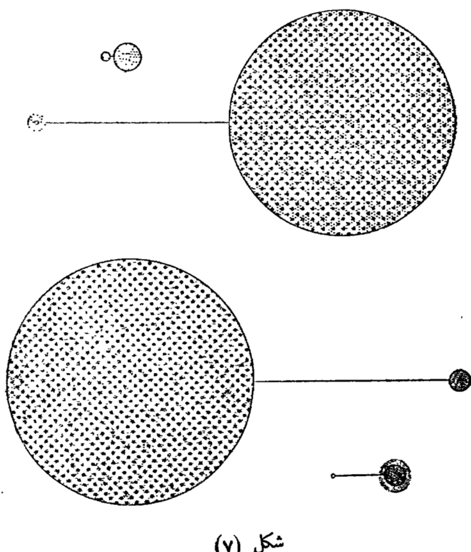
والزوج الثالث من برج رأس التوائم عبارة عن مجموعة كسوفية ، بطيئة الحركة ، تقع فى خريطة راسل تحت التتابع الرئيسى .

وهناك نجوم أخرى لها نفس الحجم ووثيقة الإرتباط بعضها ببعض ، حتى لتكاد أفراد المجموعة الواحدة تتلامس ، وتدور حول نفسها بسرعة هائلة .

والتوائم المتماثلة تقع على خريطة راسل على طول إمتـــداد منطقة نجوم التتابع الرئيسى ومعظمها وثيق القرب بعضه من بعض ، وكثير منها فى شبه تلاصق ، ومساراتها على الأغلب على شكل دائرة .

والتوائم المتباينة تبدأ من نجوم ألمع قليلا من الشعرى اليمانية ثم تنحدر إلى ماتحت مجموعة التتابع الرئيسى ، ولـكن من الصعب أن نحدد مدى هبوطها تحت هـذه المجموعة. فإذا كان أحد النجمين المكونين لمجموعة ما قزما صغيرا خافتا ، فمن الصعب إكتشاف المجموعة لأن الكسوف الذى يحدث لها يكون قصير الأمد وغير ملحوظ .

ولايزال باقيا علينا أن نتحدث عن أروع المزدوجات — تلك هى مجموعة العمالقة الكسوفية وكل مجموعة منها مكونة من زوج من النجوم البالغة الضخامة التى تشبه النجم سهيلا ومنكب الجوزاء وكلب العقرب



شكل (٧)

أربعة من المزدوجات العمالقة ، ويلاحظ أن الشمس من الصغر بحيث لايمكن إظهارها فى الشكل وهذه المزدوجات الأربعة على الترتيب هى النجم السادس المتغير فى كوكب الصليب الجنوبى.والنجم الاربعون المتغير فى كوكبة قيفاوس ، والنجم العنز والنجم الجديان ، والنجمان الأخيران يمكن رؤيتهما فى صورة كوكبة ممسك الأعنة .

(رسم هذا الشكل على أساس دراسات س جابوشكين)

وقد يلاحظ القارىء أننا لم نذكر بين المزدوجات الملحوظة أيا من العمالقة رغم أن نجم العيون له كل الصفات التى تؤهله لأن يكون مزدوجا ملحوظا .

ولكن لكى نستطيع أن نرى « العيون » كنجم مزدوج ، علينا أن نتزود بعينين صناعيتين تبعد إحداهما عن الأخرى عدة أقدام ، ويستخدم لهذا الغرض جهاز بصرى يعرف باسم جهاز قياس تداخل الضوء .

وقد تبين أن العيون مكون من عملاقين توأمين يكاد أن يتماثلا حجما ولمعانا وثقلا ولونا ، وتستغرق دورتهما أحدهما حول الآخر ثلاثة أشهر ، والنجمان المكونان للعيون نادرا الوجود ؛ والواقع أن العيون يعتبر من بعض الوجوه فريدا فى نوعه فلسنا نعرف له مثيلا بين سائر النجوم .

وتحتوى كوكبة ممسك الأعنة — فضلا عن العيون — على نجوم أخرى لاتقل عنه شأنا ، فاذا حدقت فيها فإنما تنظر إلى مجموعة من أروع التوائم النجمية المعروفة .

فمجموعة الجديان فى كوكبة ممسك الأعنة هى مزدوجة متباينة ، والنجمان المكونان لها على درجة واحدة من اللمعان ، ولكن أحدهما نجم أزرق شديد الحرارة يبلغ لمعانه قدر لمعان الشمس مائة ضعف وكتلته قدر كتلتها تسع مرات وقطره مثل قطرها ثلاث مرات ونصفا ، وأما الآخر فهو من النجوم الضخمة المنخفضة الحرارة التى تسمى العمالقة العليا . وكتلته قدر كتلة الشمس ست عشرة مرة . ولكن قطره قدر قطرها حوالى ٢٤٥ مرة — أى أنه يزيد على مدار الأرض .

وقد شاءت المصادفات السعيدة أن كان مدار نجم الجديان على وشك أن يواجهنا بحافته ، فأمكننا بذلك أن نلاحظ بوضوح الكسوف حين يمر النجم الكبير البارد أمام زميله وتستغرق دورتهما أحدهما حول الآخر ثلاث سنوات .

ويحدث قبل الكسوف أن يخفت ضوء النجم الأزرق قليلا قبل أن يقع النجم الأحمر أمامه، مما يجعلنا نرجح أن النجم الكبير محاط بمنطقة جوية ضخمة لا يقل قطرها عن ضعف قطر النجم نفسه.

وفى وسعنا أن نتصور وجود شبكة ضخمة من النتوءات (الألسنة) تحوم فوق سطح النجم وأن لها من الكثافة ما يجعلها تمتص بعض ضوء النجم الآخر قبل أن يصل إلى حافة النجم الأكبر.

فحين يقع الغلاف الجوى للنجم البارد فى مواجهة النجم اللامع، (الذى يقع إذ ذاك وراءه) فإن هذا الغلاف يمتص من ضوء النجم اللامع طيفا معقدا كما يحدث لضوء الشمس حين يخترق جو الأرض.

وهناك مجموعة أشد روعة من مجموعة الجديان تلك هى مجموعة النجم المجاور لها وهى العنز.

وهى تتكون من نجمين يدور أحدهما حول الآخر كل ٢٧ سنة، وألمعها يماثل الشمس لونا ودرجة حرارة ولكن قطره يعادل قطرها ٢٠٠ مرة فهو بذلك يعتبر من أكبر العمالقة العليا وألمعها.

وتدل دراسة طيفه على أن حوله طبقة جوية غاية فى الرقة. أما رفيقه فلا يكاد يوجد له نظير بين سائر النجوم. فهو نجم يبلغ من البرودة والخفوت حدا إستحال معه لأحد أن يراه إطلاقا، ولكننا نستطيع أن نكون صورة عنه، وذلك عن طريق ملاحظة الكسوف الدورى الذى يحدث فى النجم الألمع كل ٢٧ سنة.

وقطر هذا النجم — نعنى النجم البارد — يفوق قطر الشمس ألفى مرة، فى حين أن كثافته تقل عن جزء من مليون جزء من كثافة الشمس.

وهكذا نستطيع أن نتبين من دراستنا لحالات «التزاوج» بين النجوم كيف أنها تتفاوت فيما بينها تفاوتا عجيبا.

فقد وجدنا كل النجوم التابعة لسلسلة التتابع الرئيسى توائم متماثلة ، تتدرج من النجوم الساخنة اللامعة التى تبلغ وزنها قدر وزن الشمس ثلاثين أو أربعين مرة ، إلى النجوم « الضئيلة الباردة » التى قد ينحدر وزنها إلى خمس وزن الشمس .

والتوائم المتماثلة (إلا ماشذ منها) تدور بحيث يظل أحد النجمين وثيق القرب من الآخر . حتى ليكاد الزوجان المكونان للمجموعة أن يتلاصقا ، وينتج عن التجاذب الكبير بينهما أن يخرجا عن الشكل الكرى .

ويوجد بين النجوم العمالقة والعمالقة العليا عدد قليل — قليل جدا من التوائم المتماثلة ، والعجيب فى أمر هـذا النوع من النجوم أنه لايكاد يوجد لها من النظائر بين النجوم المفردة — إن كان — إلا القليل النادر .

ولكننا رأينا — أيضا — نجوما من مجموعة التتابع الرئيسى وقد تزوجت من نجوم مختلفة عنها كل الإختلاف ، رأينا إقترانا بين نجوم من مختلف أنحاء سلسلة التتابع ، ورأينا نجوما كالغول ، لهـا رفيق بارد مخلخل وهو من العميليقات أى العمالقة الدنيا .

ورأينا مجموعات كمجموعة الشعرى اليمانية تحتوى على نجم من نجوم التتابع الرئيسى مع قزم أبيض ، ومجموعة مثل مجموعة الجديان يتركب من نجم لامع من نجوم التتابع الرئيسى وعملاق أعلى مخلخل .

كما رأينا أقزاما بيضاء مقترنة بنجوم التتابع الرئيسى ، وأكثرها نجوما حمراء خافتة وأقلها نجوما زرقاء مثل الشعرى الشامية والشعرى اليمانية .

وقد أكتشفت حالات قليلة لأقزام بيضاء مقترنة بأقزام بيضاء . وقد تكون هذه حالات شائعة ، ولكن هناك صعوبة فى ملاحظة إكتشافها .

أما حالات التزواج بين العمالقة فأشد تنوعا ولا تتبع نظاما معينا مثل حالة العيون والنجم السادس المتغير فى كوكبـه الصليب ونجم العنز فى كوكبة ممسك الأعنة .

وإذا صح أن النجوم المكونة للمجموعات التوأمية قد نشأت معا ، وعاشت معا — وهذا هو مانعتقده — فإن المشكلة الحقيقية هو مانراه من هذا الخليط العجيب من حالات التزواج بين نجوم تختلف أنواعها وتتباين خصائصها .

فتطور خصائص النجوم إذن لا يمكن أن يعتمد على عمرها وحده ، أو تاريخها وحده . فقد لاحظنا أن النجوم المكونة لمجموعة نجمية ما ذات عمر واحد وتاريخ واحد ، ومع ذلك فقد إنتهت إلى مانراه فيها من إختلافات يكاد يخطئها الحصر .

إن كل منظر من مناظر الإقتران النجمى التى عرضناها عليك ، لا يصور لنا إلا الخصائص الحالية بين النجمين المتزاوجين والعلاقة التى تربط بينهما ، ولكنها لا تدلنا على ما قد يكون ثمة من إختلاف فى تاريخ هذه الأزواج المتباينة .

وهنـاك حقيقـة فى وسعنا أن نؤكدها ، هى أن حركة الشد والجذب التى تحدثها النجوم البعيدة من شأنها أن يضعف قليلا من وثاقة الرابطة بين النجمين وتوسع الشقة بينهما شيئا ما ، ومن شأنها أيضا كما يلوح — أن تحيل المسارات الدائرية إلى مسارات بيضية .

ففى وسعنا أن نرى فى المزدوجات الكسوفية الطيفية ، أزواجا من النجوم الشديدة التقـارب ، تدور حول بعضهـا البعض فى مسارات تكاد أن تكون دائرية . وتاريخ هذه المزدوجات أقصر من تاريخ المزدوجات المرئية التى تبعد النجوم المكونة لها بعضها عن بعض بعدا كبيراً .

ومن حسن الطالع أن الفروق بين النجوم يمكن أن تدرس على نطاق أوسع . وسننتقل فى الفصل القادم من دراسة المزدوجات إلى دراسة الأسر النجمية العظيمة ، التى ترتبط فيما بينها إرتباطا شديدا لا يقل قوة عن إرتباط المزدوجات .

وسنلاحظ أن دراسة الخصائص المشتركة للأسر النجمية تلقى فيضا من النور شأنه أن يساعدنا على إجتلاء معالم تلك الصور المتناثرة التى كشفت عنها دراستنا المزدوجات النجمية .

الفصل الرابع

الحشود النجمية

تتألق كوكبة الثور فى سماء الشتاء . وقد أطلق هذا الإسم عليها منذ فجر التاريخ . والواقع أن (الثور) هو أحد أسماء الدواب التى أطلقها الأقدمون لتبيان الطريق التى تسلكها الشمس بين النجوم — والتى تسمى منطقة البروج ، أو دائرة الدواب .

وقد أطلق البابليون القدامى على هذه الكوكبة إسم (الثور الأمامى) ، وكانت الشمس تلتقى بها فى عهدهم فى فصل الربيع — وتساعدنا هذه الحقيقة على تتبع تاريخ هذا البرج ، فقد أصبحت الشمس فى عهدنا الحالى تمر عبر برج الحوت فى وقت الإعتدال الربيعى .

وهذا التغير يدل على أن محور الأرض يتحرك تحركا طفيفاً — أدى إلى تقدم موعد الإعتدالين ، كما أدى إلى تغير النجم القطبي من عصر إلى عصر .

فحين أطلق على كوكبة الثور هذا الإسم ، لم يكن النجم القطبي هو ذلك النجم المعهود لنا لآن ، بل كان نجم التنين .

ولكن علماء الفلك المحدثين يرون أن لكوكبة الثور أهمية تتعدى كونها جزءا من مدار الشمس السنوى . فجل مايستأثر إهتمام الفلكيين بهذه الكوكبة ، هو أنها تحتوى على مجموعات من النجوم ذات طابع معين يجعل لها أهمية خاصة فى عالم السماء .

وتقع كوكبة الثور عبر الطريق اللبنى : حيث يبلغ إحتشاد النجوم

أقصاه ؛ وإذا تفحصنا هذه الكوكبة وجدناها مكونة من مجموعات هامة من النجوم منها :

مجموعة الثريا : وليس منا من لا يعرف الثريا — فهى مجموعة من النجوم ترى بالعين المجردة ؛ وتلمع فى برج الثور ... « كسرب نحل من ذهب » . وأقصى مايستطيع أن يبلغه منها ذو البصر الحاد ستة نجوم . ويحدثنا الأقدمون فى خرافاتهم أنها كانت فى الأصل سبعة ، هن بنات الإله أطلس ، ولكن إحداهن ضلت طريقها فى أثناء فرارهن من الجبار ، وقد تحولن إلى سرب من الحمائم السماوية . ولكن المرقب يظهر لنا عدة مئات من نجوم الثريا متجمعة مع بعضها البعض فى غير إحتشاد ، يتوسطها النجوم الستة المتألقة التى تدركها العين المجردة ، وترى هذه النجوم الستة متألقة فيما يشبه العنقود .

هذا التجمع بين هذه المجموعة من النجوم لم يحدث عن طريق المصادفة، لأن كل منها على أبعاد متساوية منا ، وقد دلت القياسات أن هذه الكتل النجمية تتحرك معا عبر الفضاء كأنها فرقة تقوم برحلة جماعية حول طريق المجرة الضخم .

وقد تبين لنا فى الفصل السابق أن المزدوجات النجمية لايمكن أن تكون قد تآلفت من قبيل المصادفة ، ولكنها كانت مثانى من البدء ، وستظل مثانى على الدوام . فما أحرى أن يصدق هذا على مجموعة النجوم فى الثريا ، فهى مجموعة من النجوم تتحرك معا منذ البدء ، وستظل فى حركتها الجماعية إلى ماشاء الله . وليس هناك أدنى إحتمال لدخول عامل المصادفة فى تجمعها وفى حركتها مع بعضها البعض . وحسبنا دليلا على وحدة أصلها مانراه من تجمعها معاً ومن حركتها معاً .

وفى وسعنا بمجرد التطلع إلى نجوم الثريا أن ندرك أنها تختلف عن بعضها

البعض فى اللمعان . وألمع نجم فى هذه المجموعة يزيد لمعانه مائة ألف مرة على لمعان أخفت نجم رصد منها حتى الآن .

فلو أنه قدر لنا أن نقرب إلينا نجوم الثريا حتى لا يفصلنا عنها إلا قدر مابيننا وبين الشمس من بعد، لتبين لنا أن ألمع نجومها يربى لمعانه ألف مرة على لمعان الشمس ، بينما نرى أن درجة لمعان أختها لاتزيد على جزء من مائة جزء من لمعان الشمس . وهذا مايفعله صاحب الفلك فعلا فهو يتصور فى مخيلته أنه يصنف نجوم المجموعة كأنه يأخذ لها صورة عائلية .

وفى وسعه أن يقيس اللمعان واللون [1] قياساً دقيقاً ، وبذلك يستطيع أن يهتدى إلى درجة حرارة كل نجم من نجوم الحشد ، وأن يحسب حجمه .

وتتضمن الصورة العائلية للثريا نجوما تختلف فيما بينها أشد الإختلاف ، لا من حيث اللمعان فحسب ، بل من حيث الحرارة والحجم أيضاً . ولكنه إختلاف مطبوع بطابع الإنتظام . فنجوم الثريا تكون فيما بينهن سلسلة متدرجة تدرجا منسقاً بديعاً خلابا .

فألمعهن ضوءا هن فى نفس الوقت أكبرهن حجما وأشدهن سخونة (أى أشدهن زرقه) . وتتلاحق تحتهم سائر النجوم ، متدرجات من اللمعان إلى الخفوت ، ومن الكبر إلى الصغر ، ومن السخونة إلى البرودة .

والنجم الذى يمثل المكانة الوسطى فى نجوم هذه السلسلة أقرب مايكون إلى الشمس حجما ولمعانا ولونا .

---

(١) يقاس اللمعان واللون بإستعمال جهاز دقيق لقياس الضوء يسمى بجهاز قياس الضوء الكهروضوئى .

أما أكبرها فيبلغ حجمه تسعة أضعاف حجم الشمس ، وربما كانت درجة حرارة سطحه خمسة أضعاف درجة حرارة سطحها .

وأصغر ماأمكن رصده من نجوم هـذه السلسلة يبلغ قطره نصف قطر الشمس تقريبا ، وأما درجة حرارتها فلعلها أكبر من نصف درجة حرارة الشمس .

وليس فى وسعنا فى الواقع أن نحـدد أى نجوم هذه السلسلة يمكن أن يعتبر أصغرها حجما وأضعفها لونا ، فلعل من بينها نجوما كثيرة تبلغ من الخفوت حداً لايسمح لنا بمشاهدتها .

والصورة العائلية لحشد الثريا تـكاد تلاصق العمود الفقـرى لسلسلة التتابع الرئيسى التى عرفناها من قبل . ونستطيع أن نشهد فى هـذه المجموعة نجوما مزدوجة يوجد بين الأفراد المـكونة لها من الترابط مابين نجمى مزدوج العواء أو مزدوج رأس التوأم المقدم . وتتمثل فى النجوم التى تتـكون منها مجموعة الثريا الأشكال المختلفة والطبائع المتباينة التى يمكن أن تتطور إليها نجوم كان لها فى مبدأ الأمر أصل واحد ونشأة واحدة . وتتجلى لنا هـذه الصورة على نطاق أوسع مدى مما تستطيع أن تظهره لنا دراسة المزدوجات .

ومجموعة الثريا تبلغ من الدنو منا حداً يسمح لنا بأن نعرف عنها حقائق تفصيلية غاية فى الدقة والروعة . فنحن نعرف أن معظم نجومهـا فائقة اللمعان تلف حول نفسها لفا (تدوم تدويما) سريعاً ، وبدراسة أطيافها عرفنا أنها فى أثناء تدويمها تنثر حولها ذرات فى الفضاء .

ولأحد النجوم المـكونة لهذه المجموعة أهمية خاصة ، ونعنى به النجم العنقودى . فقد أطلق هذا النجم من الطبقة الجوية المحيطة به فقاعات فى الفضاء خلال الخمسين سنة الماضية ، ويحتمل أن يكون قد دأب على هـذه

العملية من تاريخ بعيد — ولعل هذا النجم كان فى ماضيه السحيق أشد لمعانا مما هو الآن ، وهو المسئول عن أسطورة « النجم المفقود فى الثريا » على أن ضوءه لايزال حتى اليوم يتذبذب فى خفقات خافتة .

ويرى حشد الثريا من خلال السحب النجمية التى تعمل على تشتيت ضوئه. وليست هذه السحب متجانسة ، بل تعدو بين النجوم فى شكل عروق وشرائط ضخمة ، ولم يتمكن أى مرقب حتى الآن أن يحلل هذه السحب تحليلا دقيقا يمتد إلى أدق خطوطها ، فقد بلغت من الرقة واللطف إلى حد الخفاء .

ولعل النجوم المدومة قد قذفت فى أثناء حركتها جزءا من مادتها فى الفراغ، وقد وجد أن هذه المادة لاتتركب من ذرات على الأغلب ، ولكنها توجد على شكل كتل صلبة لامعة كالجليد ، تشتت الضوء ، ولعل الجزء الرئيسى منها كان على الدوام طافيا بين النجوم .

وإذا كان حشد الثريا هو أقرب الحشود إلينا وأشدها لمعانا ، فليس هو الحشد الفريد فى الطريق اللبنى ، فهذا الطريق يموج بعشرات من هذه الحشود تنتشر فى مختلف أجزائه ، مثل حشد ك الصليب الصغير ، الذى يحتل مكانه إلى جانب كوكبة الصليب الجنوبى بالقرب من سدم « جوال الفحم » الداكنة —ويعرف أهل الجنوب هذا الحشد بإسم صندوق الجواهر.

ومن المحتمل أن تحتوى مجموعتنا النجمية على عدة مئات من هذه الحشود، وكلها تتحرك فى زقاقنا النجمى ، وتشترك فى خصائص عائلية واحدة ، ولعل معظمها محجوب وراء سدم الفراغ النجمى .

---

(١) وقد يطلق عليها أحيانا إسم الحشود المفتوحة ؛ تمييزا لها عن الحشود الكرية التى هى أشد إحتشاداً منها ، وهذه الحشود الأخيرة — كما سنرى — أعضاء من مجموعتنا النجمية كذلك . ولكنها لاتتحرك فى أزقة الطريق اللبنى أو المجرة .

وقد أطلق على الحشود التى تشبه الثريا إسم الحشود المجرية[1] لأنها تعمر الطريق اللبنى

حشد القلاص : ولكن هناك حشودا مجرية أخرى لاتشبه الثريا ، فهناك حشد القلاص وهو من الحشود التى تشاهد فى كوكبة الثور .

ونجوم هذا الحشد أشد تألقا ، وبينها نجم لامع يسمى ألدبران ، يمثل أنف العجل السماوى .

وهذا الحشد أيضا هو بمثابة فرقة من النجوم ، وثيقة القرب بعضها من بعض ، تسبح فى الفراغ كجماعة متحدة .

على أن ألدبران ليس من نجوم هذه الفرقة ، ولكن تصادف أن وجد على الخط الواصل بيننا وبينها فحسبناه لذلك منها وهو ليس منها ، لأن له حركة تخالف حركتها .

وحشد القلاص كحشد الثريا يحتوى على مئتى نجم . ولو أتيح لنا أن نقرب هذا الحشد حتى نجعله فى صف الشمس ، (كما فعلنا فى حشد الثريا) ، لرأينا أن بين هذين الحشدين بونا شاسعا : فألمع نجوم القلاص يفوق لمعان الشمس بمالا يزيد عن مائة مرة[1] ولا تبلغ سخونته مبلغ سخونة ألمع نجوم الثريا . والصورتان العائليتان لهاتين المجموعتين ليستا متشابهتين .

ويقع معظم نجوم القلاص على حافة منطقة نجوم التتابع الرئيسى ، فى خريطة راسل ، ولكن هناك عددا غير قليل منها تقع بعيدا عنها .

كما أن حشد القلاص يحتوى على كثير من النجوم العمالقة الحمر (والواقع

---

(٢) قارن بينه وبين ما ذكر عن ألمع نجوم الثريا .

أن هذه العمالقة هى ألمع نجوم هذا الحشد) وهى أكبر من الشمس بكثير ، وأكبر من ألمع النجوم الزرقاء فى هذا الحشد .

على أن هـذه العمالقة الحمر لا توجد بكثرة ، (فالغالبية العظمى من نجوم هـذا الحشد من نجوم التتابع الرئيسى كما ذكرنا) ، ولكن لا شك فى وجود هؤلاء العمالقة الحمر .

وها نحن أولاء قد بدأنا نكتشف إختلافا بين أفراد هذا الحشد من النجوم ، على إتحاد نشأتها وتاريخها ، وهو إختلاف يذكرنا بما وجدناه فى المزدوجات النجمية التى عرضنا لها فى الفصل الماضى ... وها نحن أولاء نرى نجوما من التتابع الرئيسى وقد تآخت ، لا مع نجوم من نفس الفصيلة ، ولكن مع نجوم أكبر حجما وأقل كثافة .

وبعض نجوم حشد القلاص مزدوجات توأمية (مثال نجمية داخل حشد نجمى) .

وعبثا نحاول أن نجد فى هذا الحشد سدما متألقة كتلك التى وجدناها تعرقل رؤية نجوم حشد الثريا . فنجوم القلاص « لا تعرقلها أى جدائل مضيئة » على أن هناك من الدلائل ما يؤيد وجود مادة داكنة منتشرة بين النجوم . والنجوم الحارة وحدها هى التى تستطيع أن ترد ضوء السدم الداكنة وتظهر لنا سحبا لامعة .

وليس بين حشد القلاص نجوم بلغت من السخونة هذا الحد . ومع ذلك يشتبه فى أنها — هى أيضاً — تتحرك فى سحاب من تراب .

وفى حشدى الثريا والقلاص تظهر لنا الخصائص العائلية البارزة لجميع الحشود السديمية . فى هذين الحشدين نجد دائماً عمودا فقريا لنجوم التتابع الرئيسى التى تبدأ من النجوم الساخنة الكبيرة اللامعة وتتدرج نزلا إلى النجوم الباردة الصغيرة الخافتة .

ويضاف إلى هذا العمود الفقرى من نجوم التتابع الرئيسى نسب متفاوتة من العمالقة الباردة — وقد توجد هذه العمالقة بمقادير ضئيلة كما هو الحال فى حشد القلاص، كما قد توجد بمقادير أكبر ، وأخيرا ينعدم وجودها إطلاقا ، كما ينعدم فى حشد الثريا .

الحشد المزدوج فى كوكب فرساوس : يعتبر الحشد المزدوج فى كوكبة فرساوس من ابدع الحشود المجرية . والمسافة التى تفصلنا عن هـــذه المزدوجة تبلغ من العظم حدا يصعب معه تقديرها ، ولازلنـا حتى اليوم عاجزين عن حسابها بالدقة .

ولـكن الذى نعرفه فعلا عن هذين الحشدين ، أن نجومها اللامعة تعد من أشد النجوم المعروفة تألقا . فلمعانها أشد من لمعان الشمس بمـا يتراوح بين عشرة آلاف مرة ومائة ألف مرة .

والعمود الفقرى لتتابعها الرئيسى يسمو إلى نجوم تبلغ هذه المرتبـة من اللمعان ، وتزيد درجات حرارتها عن درجة حرارة ألمع نجوم الثريا .

وقد كان نتائج البعد السحيق الذى يفصلنا عن هذين الحشدين أننا لم نتمكن حتى الآن من أن نرى فيها نجوما ذات لمعان يعادل لمعان الشمس ، وإن كنـا لانجد ما يدعونا إلى الشك فى أنها تحتوى أمثال هذه النجوم .

على أن أعجب الخصائص العائلية التى نشهدها فى هذين الحشدين التوأمين فى برج فرساوس هو أنها تحتوى على عدد كبير من العمالقة العليا الحمراء ، فعدد ما تحتويه منها يبلغ ٢٤ عملاقا ، يشبه كل منها — من حيث الحجم واللمعان — النجوم الحمراء العظمى المكونة للعمالقة الـكسوفية مثـــل نجم الجديان ، ف ف قيفاى ،والنجوم اللامعة الحارة هى بمثابة نواة مزدوجة محكمة لمجموعة أكبر تحيط بالحشدين ، وتنتشر حولها هالة عظيمة من النجوم الحمراء .

والحشد المزدوج فى فرساوس يلتف بسدم كثيفة . ومن أعقد المشاكل

التى نجابهها فى محاولتنا قياس بعدها عنا هو أن نحتال على إزالة أثر السحب التى تشملها وتخفيها . والضوء الذى تتألق به ألمع نجومها يشى بوجود ألسنة أو أغلفة ضوئية ضخمة حولها، ولعلها ناشئة عن مادة تسكبها تلك النجوم فى الفضاء أو لعلها السحب التى تعيش بين النجوم وقد إنجذبت إليها .

وقد عرف من هـذه الحشود المجرية بضع مئات ، توجد كلها فى ممر المجرة الأعظم، وكلها فرق من النجوم تتحرك جماعات وكل منها تكون «عائلة» بكل ما تتسع له هذه الكلمات من معنى : أصل واحد ، تاريخ واحد .

ولما كانت تتحرك فى الزقاق الرئيسى حيث يبلغ التراب والضباب أقصى كثافتهما ، لم نستطع أن نرى الا أقربها إلينا — ولعل ما أمكننا رؤيته منها لايتعدى ١٠ ٪ من مجموعها . على أن وسعنا أن نتخيل بضعة ألوف من أمثال هـذه الحشود تتحرك حول الطريق اللبنى ، وتتكون من مئات الآلاف من النجوم المكونة لهـا ، وكلها ذات خصائص عائلية تتشابه فى النواحى العامة ، ولكنها تختلف فى نسبة مافيها من صنوف النجوم التى تتفاوت فيما بينها من حيث اللمعان والحجم واللون .

والتتابع الرئيسى فى الحشود المجرية يهبط نزلا إلى نجوم صغيرة باهتة حمراء ، ولكن العدد لايزيد بسرعة إذا نحن إنحدرنا إلى ماتحت التتابع . ونستطيع بعبارة أخرى أن نقول أن نجوم الحشود المجرية تشبه النجوم المنعزلة المجاورة لنا والتى تقع فى منطقتنا من حيث النوع ، لا من حيث عددها النسبى .

والحشود التى تشبه الثريا والقلاص تلفت أنظارنا لأنهـا أشد إزدحاما بالنجوم من المناطق التى توجد فيها .

على أن هناك طائفة أخرى من الحشود متناثرة ومتباعدة بعضها عن بعض ، وقد أمكننا تمييزها لأن النجوم المكونة لها تبعد عنـا بمقادير تـكاد تكون متساوية ، ولأنها تتحرك فى الفضاء فى نفس الإتجاه وبنفس السرعة .

فمعظم النجوم المكونة للدب الأكبر تكون حشدا حقيقياً ، والمدهش أن الشعرى اليمانية تنتمى لهذا الحشد ولا يمنعنا عن الشعور بهذه الحقيقة إلا أننا نعيش فى داخل هذا الحشد أو نكاد .

ويطلق على هذا الحشد إسم حشد الدب الأكبر ، وله نفس الخصائص العائلية التى تتميز بها أى حشد مجرى .

وهناك مجموعات أخرى من النجوم تقع من بعضها البعض على مسافات أشد تباعدا — وهى النجوم التى أطلق عليها الفلكى الروسى أمبارتسوميان Ambertsumian إسم المرتبطات النجمية ويبدو أنها تتكون من مجموعات من النجوم متباعدة ، متناثرة بين عدد أكبر من النجوم الدخيلة عليها .

وأكبر الظن أن معظم النجوم الحارة الساخنة الفائقة التألق ، التى تنتشر حولها أجزاء من مادتها فى الفراغ ، تنتمى إلى هذه « المرتبطات النجمية » ، وأن النجوم المكونة لها موزعة فى نطاق ضخم حول حشد — أو عدة حشود — مجرية متماسكة .

والواقع أن الهالة العظمى المكونة من العمالقة العليا التى تكتنف الحشد المزدوج فى كوكبة فرساوس هى فى رأى أمبارتسوميان « مرتبطات نجمية » .

فإذا صح أن هذه المرتبطات المكونة من نجوم ساخنة لامعة هى فى الحقيقة مجموعات طبيعية — وهذا ماتؤيده المشاهدة كل التأييد — ففى وسعنا إذن أن نعتبرها عائلات نجمية ذات أصل واحد وتاريخ واحد ، شأن الحشود المجرية .

وأكبر الظن أنها لاتطالعنا إلا بألمع أعضائها ، ولا يظهر لنا الجزء الأدنى من سلسلة التتابع الرئيسى إلا فى الحشود المتماسكة التى تتوسطها . ولابد أنها

تمثل تاريخا أو مرحلة من الحياة تختلف عن الحشود النجمية التى تشبه حشد الثريا .

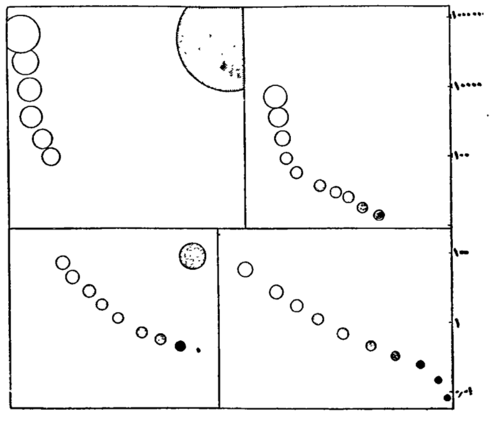
إن عدد الحشود المجرية المعروفة جد كبير ، ولكنه يعتبر صغيرا إذا قورن بسائر النجوم الأخرى . فنسبة عدد النجوم المنتمية إلى الحشود المجرية التى أمكن تمييزها لاتزيد على واحد فى الألف من مجموع النجوم ، وأما ما ينتمى منها إلى مرتبطات نجمية فنسبة وجودها أقل .

ومن المحتمل جدا أن هناك عدداً كبيراً من الحشود الصغيرة التى لاتسترعى النظر . وقد لايكون فى وسعنا أن نرسم خطاً حاسماً واضحاً بين نجوم الرباعى المتماسك وبين مجموعة رأس التوأم المقدم بنجومها الستة المكونة من ثلاثة مزدوجات وثيقة الاتصال بعضها ببعض ، كما أننا لانستطيع أن نميز بين مجموعة رأس التوأم المقــــدم وبين مجموعات رجل قنطورس ، والعواء ، والشعرى اليمانية .

والواقع أن تقسيم المزدوجات إلى مثان منظورة وأخرى طيفية وثالثة كسوفية ليس إلا تقسيما مفتعلا مبنيا على وسائل كشف هذه المزدوجات لا على طبيعتها .

والواقع أنه من المحتمل أن تمتد مجموعات النجوم المتآلفة على طول الطريق الذى يبدأ بأخصب الحشود المجرية وينتهى نزلا إلى مزدوجات النجوم الكسوفية الوثيقة الإرتباط .

وقد أعطى لهذا الرأى كثير من الإعتبار ، فجمعت الصفات العائلية للمجموعات المجرية فى إطار واحد أو صورة واحدة ، وألف بينها وقورنت بالسمات العائلية المختلفة لجميع مانعرفه من المجاميع الثنائية والمجاميع المتعددة — وقد لوحظ أن الصفات الرئيسية تتشابه تشابهــــاً عجيباً ، والواقع أن المزدوجات تتضمن كل أنواع النجوم المعروفة .



(شكل ٨)

صورة عائلية لثلاثة من الحشود المجرية :

إلى أعلى من اليسار ، حشدا فرساوس التوأمان .

إلى أعلى من اليمين ، الثريا .

إلى أسفل من اليسار ، القلاص .

إلى أسفل من اليمين ، ترى مجموعة نموذجية من نجوم مفردة غير منتمية إلى حشود .

وتظهر لنا أحجام النجوم فى الشكل مصغرة بالنسبة التقليدية . ولم نحاول أن نظهر جميع أفراد النجوم فى أى من الحشود المبينة فى الشكل ولكننا حرصنا على تمثيل المدى الملحوظ كله.

والأرقام التى إلى اليمين تظهر اللمعان مقــدرا بلمعان الشمس ودرجة التظليل تدل على درجات الحرارة ، وهو ما اتبعناه فى سائر الأشكال .

صحيح أن الحشود المجرية تبدو خالية من الأقزام البيضاء ، بل إنها لتبدو خالية كذلك من نجوم التابع الرئيسى الخافتة . ولكن أغلب الظن أن يكون مرد ذلك إلى بعد معظمها بعداً شاسعاً لا يسمح لنا ملاحظة هذه النجوم — إن وجدت .

على أنه يوجد بين الحشود المجرية مايحتوى بين أفراده على عدد قليل من الأقزام البيضاء ، مثل مجموعة القلاص ومجموعة فرساوس .

ويمكن أن نمضى فى نفس هذه العملية خطوة أخرى إلى الأمام ، وإن لدينا معلومات وافرة عن النجوم المستقلة التى توجد فى الفضاء قريباً منا . ففى وسعنا على ضوء هذه المعلومات — أن نعين الخصائص العائلية العامة التى تشترك فيها هذه النجوم — وسيسفر لنا هذا البحث عن حقيقة رائعة ، سنجد أن صورة جيراننا النجوم فى مجرى الطريق اللبنى تشبه كثيراً الصورة العامة للنجوم المكونة للمجموعات المجرية والمزدوجات (شكل ٨)

فالتشكيلات المنوعة للنجوم المستقلة تتمثل كلها فى الصورة التى نراها فى المجموعات المزدوجة والمجموعات المتعددة والحشود المجرية .

إن هذه الجماهير الضخمة من النجوم ، التى تبلغ عشرات الملايين أو مئاتها ، والتى تتحرك حول طريق المجرة ، تكون عائلة كبيرة ، ونحن بصدد تجميع الأجزاء التى تتركب منها صورة هذه العائلة .

وفى وسعنا أن نخطو خطوة أخرى . فى وسعنا أن نحصى النجوم التى تمثل أجزاء مختلفة من الصورة ، لنعلم أيها أكثر عددا ، وأيها أقل شيوعا ، فإذا أدخلنا فى حسابنا عامل المسافة (الذى يحملنا لأول وهلة على الغلو فى تقدير عدد النجوم اللامعة) ، لوجدنا أن معظم جيراننا الأقربين من النجوم التى تقع فى هذه الصورة أخفت من الشمس ضوءا ، وأصغر حجما وأقل حرارة .

وأما النجوم التى يفوق لمعانها لمعان الشمس فأندر وجوداً ، ويقـل عددها كلما زاد لمعانها.

وأما العمالقة (وخصوصاً العمالقة الصفر من أمثال العيون) فغير شائعة وأما العمالقة العليا فإن عددها من الضآلة بحيث يمكن إعتبارها كما مهـلا إذا ماقورنت بالعدد الـكلى للنجوم .

ويجب أن لاننسى مالاحظناه من قبل : وهو أن عدد النجوم الخافتة الباردة فى الحشود المجرية أقل منه نسبياً فى المجتمع النجمى كـكل .

والعجيب أن معظم الضوء الذى ينبعث من النجوم القريبة إنما يصدر عن النجوم الخافتة ، وذلك راجع إلى تفوقها العددى . فالنجوم المستقلة التى لاتدخل فى تركيب الحشود النجمية تتفشى فيها النجوم التى هى دون الشمس لمعانا .

صحيح أن العمالقة العليا المستقلة تصدر إشعاعا عظيما ، ولـكنها من الندرة العـددية بحيث أن الضوء المنطلق منهـا لايعد شيئاً مذكوراً بالقياس إلى الضوء الـكلى .

ولما كنا نعيش فى داخل مجموعتنا النجمية ، فما أكثر مايفوتنا إدراك مدى أهمية هذه الحقيقة فى محيطنا المحدود .

ولـكن حين يكون مجال دراستنا مجموعة نجمية تشبه مجموعتنا فى تركيبها (وسنرى أن هناك ملايين من هذه المجموعات) فمن المهم أن نذكر جيدا أن معظم الضوء المنبعث منهـا إنما يصدر عن نجوم تبلغ من الخفوت حدا نعجز معه عن رؤيتها .

هذه المجموعة من النجوم التى فرغنا توا من تخيل صورتها ، هذه المجموعة

التى تتحرك معظم النجوم المكونة لها فى ممر مجرتنا الدائرى العظيم ، ليست إلا عائلة واحدة من العائلات النجمية .

ولكن هناك نجوما أخرى ، وهى النجوم التى أطلقنا عليها إسم النجوم الشاردة ، المتسكعة ، تتخذ فى حركتها إتجاهات تختلف عن بعضها البعض أشد الإختلاف ، كما أنها تختلف عن بعضها البعض فى نظام توزيعها وفى خواصها .

ولكى نستطيع أن نميز تمييزا عاما بين هاتين الطائفتين من النجوم ، أطلق عليها إسم الجمهرة الأولى والجمهرة الثانية .

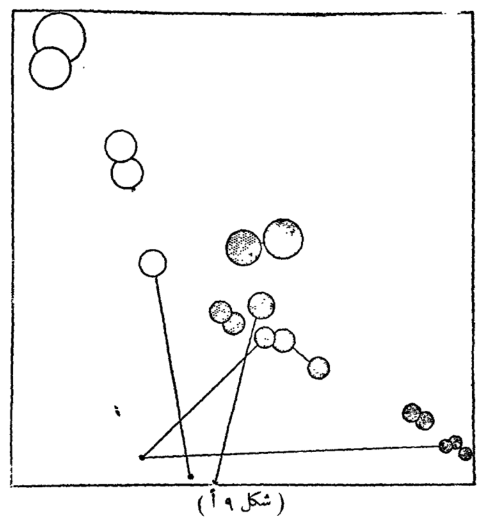
وليست الجمهرة الأولى إلا تلك الطائفة من النجوم التى درسناها ، وقد رأيناصورتها العالية المميزة ، ووضعنا حركتها الرتيبة حول طريق المجرة فى الممر النجمى المفعم بالتراب والدخان .

وأما النجوم التى تجتاز المدار الكبير متخذة فى حركتها كل الإتجاهات فتعرف باسم الجمهرة الثانية[1] .

وستكون مهمتنا بعد هذا أن نضع الخطوط الأولية للصورة العائلية لهذه الطائفةالأخيرة من النجوم ، لنرى ما إذاكان يمكن رد الفروق البارزة من هاتين الجمهرتين إلى فروق فى المولد أو التاريخ أو السن .

---

(١) كان أول من أطلق هذين الإسمين ـ الجمهرة الأولى والجمهرة الثانية ـ على هاتين الطائفتين من النجوم هو باده Baade . وسنرى فيما بعد أن هاتين التسميتين لاتعبران عن مجرد طائفتين متمايزتين فى الخواص فحسب ، بل عن طائفتين متفاوتتين تفاوتا يجعلهما على طرفى نقيض .

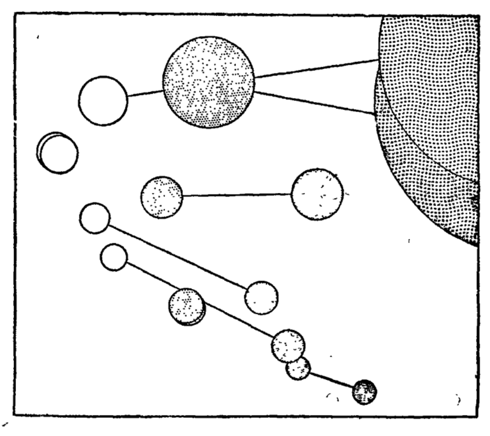


(شكل ٩ أ)

الروابط بين أفراد المزدوجات الملحوظة . النجمان المفردان ذو الرفيقين القزمين الأبيضين هما الشعرى اليمانية والشعرى الشامية . والنجوم الثلاثه المترابطة هى مكونات أدحى النعام . والزوج العملاق هو الديون . وأحجام النجوم مصغرة حسب مقياس الرسم التقليدى .

الحشود الكرية

فى برج قنطورس ، يوجد شىء يبدو للعين المجردة معتما يغشاه الضباب ، وقد ظن بادىء ذى بدىء أنها نجم وأطلق عليه اسم أوميجا قنطورى (اللوحة ١١ .) فلما رصد بالمظار تكشف عن حقيقة من أروع ما إنطوت عليه عوامل السماء .



شكل ٩ (ب)

الروابط بين أفراد المزدوجات الكسوفية . النجوم المترابطة يصل بينها خطوط مستقيمة الأحجام مصغرة حسب مقياس الرسم التقليدى . درجة التظليل تتناسب عكسيا مع درجة الحرارة (أساس فكرة هذا الشكل معتمد على بحوث س. جابوشكين) .

فقد تبين أن هذا « النجم » ليس فى الواقع إلا كرة عملاقة من النجوم مسطحة نوعا ما ، والمظنون أنها تدور حول نفسها ، وتحتوى على عدد من النجوم لا يحصيها العد ولا يمكن أن يقل عن مئات الألوف ، وربما تبلغ الملايين .

وقد أمكننا أن نحصى كثيرا من النجوم ، ولكن الأغلبية الساحقة منها خارجة عن دائرة الملاحظة وأبعد من أن يتناولها نطاق الرؤية .

ويبلغ لمعان هذا « الحشد » قدر لمعان الشمس مليون مرة . وإذا صح أن أغلبية نجومه أخفت من الشمس ضوءا ـ كما هو الشأن فى النجوم التى تقع فى جيرتنا ـ فلا بد أن يزيد عدد أفراده على المليون .

وأوميجا قنطورى يعتبر حشدا كريا نموذجيا ، والمحتمل أنه ذو حجم يفوق المعدل ، وهو وثيق القرب منا إلى درجة غير مألوفة فى غيره من الحشود الكرية .

وعدد الحشود الكرية المعروفة فى مجموعتنا النجمية يبلغ حوالى المائة ـ وربما كان هناك مائة أخرى غمت علينا بسبب بعد المسافة أو كثافة الغبش .

على أن الأغلب الأعم فى الحشود الكرية أنها لا تخفى علينا، شأن الحشود المجرية ، لأنها لا تتشبث بطبقة التراب المركزية فى المجرة ، ولا تحصر نفسها فى طبقة مسطحة ، وإنما ترتب نفسها فى نظام أقرب إلى الشكل الكرى الذى يحدد مجموعتنا النجمية .

لذلك تيسر لنا أن نرى الكثير منها أعلى الطريق اللبنى وأسفله ، لا من خلال طبقة التراب الكثيفة التى يلتحف بها مجرنا المسطح (الطريق اللبنى) .

وتقع الحشود الكرية على مسافات كبيرة أعلى الطبقة المركزية وأسفلها وتسلك طرقا تقطع تلك الطبقة فى جميع الإتجاهات .

والحشود الكرية هى فرق من النجوم شديدة الضخامة مزدحمة بالنجوم ، تتحرك عبر الممرات الدائرية لنجوم الجمهرة الأولى .

وحركتنا الدائرية السريعة تجعلنا نتخيل أننا نقترب من هذه الحشود

الكرية ـ أو أنها هى التى تقترب منا ـ فى إتجاه واحد . فهى تبدو كمجموعة وكأنها تسلك الطريق العكسى . ولكن هذا ليس إلا وهما .

فكما أن راكب القطار يرى الأشياء وكأنها تتراجع إلى الوراء ، وكذلك تبدو مجموعة الحشود الكرية كأنها ـ ككتل ـ تطير إلى الوراء بسرعة كبيرة.

فإذا أدخلنا فى تقديرنا حركتنا حول مدار المجرة ، فان مجموعة الحدود الكرية (ككل) تبدو وكأن لها حركة دائرية ضئيلة حول طريق المرور الدائرى [1] .

وبرغم ضآلة حركتها الدائرية حول المجرة (إذا نظرنا إليها ككل) ، فإن كل حشد من هذه الحشود يتحرك حركة فائقة السرعة ، حتى ليمكن مقارنتها بحركتنا نحن حول ممرنا ولكنها لاتتخذ لنفسها مسارا مرسوما مفهوما ، بل تتجه فى كل اتجاه ، وتخترق طريقنا منحرفة بأى زاوية ؛ ومن هنا اتخذت فى توزيعها هذا الشكل الكرى الذى تعرف به .

وسنرى فيما بعد إن شاء الله أن هناك نجوما مستقلة منفردة لاتسير فى اتجاه طريقنا ، وتكون موزعة على نسق يشبه توزيع الحشود الكرية .

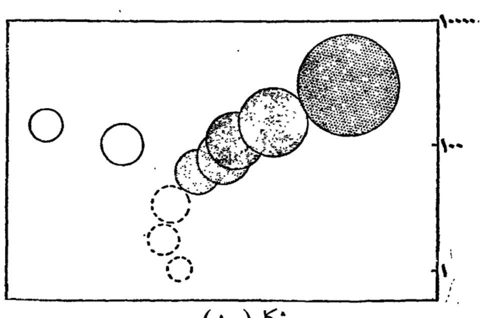
وسنرى أنه بقدر تمرد هذه النجوم على قانون المسار الدائرى ، يكون توزيعها فى مجموعة كثيفة تتخذ لها شكلا أقرب مايكون إلى الشكل الكرى ، بدلا من تجمعها فى طبقة رقيقة داخل حشد التراب المركزى .

---

(١) من الصعب أن نتبين ماإذا كان للحشود الكرية (كمجموعة) حركة دائرية كلية ولكن توزيعها حول الأشياء الأخرى يوحى لنا على الأقل بأن لها حركة وإن تكون صغيرة نوعا .

فلنستعرض من الآن أفراد أحد الحشود الكرية لنلتقط لها صورة عائلية. إن الحشد الكرى الذى تحدثنا عنه ، وهو أوميجا قنطورى لم تتهيأ له الظروف بعد لوضع صورته العائلية . ولكن هناك كثيرا من الحشود الكرية التى تظهر فى نصف الكرة الشمالى قد أمكن تصويرها بدقة ، مثل الحشد الأعظم فى كوكبه الجاثى .

وتختلف الصورة التى تجمع أفراد هذا الحشد إختلافا بيناً عن صورة الحشد المجرى (أنظر شكل ١٠) .



شكل (١٠)

صورة عائلية نموذجية لحشد كرى . الدوائر المتقطعة حدسية إلى حدما . الغالبية العظمى للنجوم اللامعة فى الحشد تتبع بإنحراف الخط الذى يمر من أعلى اليمين إلى أسفل اليسار . ولا يظهر فى الشكل إلا قليل من هذه النجوم . وأحجام النجوم مصغرة طبقا لمقياس الرسم التقليدى . اللمعان مبين إلى اليمين ، علماً بأن وحدة اللمعان هى الشمس .

وألمع نجوم هذا الحشد ألمع من الشمس ، بما لا يقل عن ألف مرة ، فهو أقل لمعانا من ألمع نجوم الحشود المجرية . والأعجب من هذا أن ألمع النجوم

هى أشدها حمرة وأبردها وأكبرها ، وليس أشدها زرقة وسخونة كما هو الشأن فى كوكبة الثريا .

على أن هناك حشودا كرية قليلة تحتوى على نجوم زرقاء ، ولكنها نادرة جدا . إن وجود هذه النجوم الزرقاء فى الحشود الكرية أندر من وجود العمالقة الحمر فى الحشود المجرية

والتيار الشديد بين الصورة العائلية للحشود الكرية والصورة العائلية للحشود المجرية واضح سافر لا يكاد يخطئه أحد .

وهناك فروق أخرى بين هذين النوعين من الحشود تتناول التفصيلات والدقائق ولسنا نرغب الآن فى الإفاضة فيها . وهى على أى حال فروق تبين أن إختلاف هاتين الجمهرتين من النجوم هو خلاف شامل عميق يتناول التفاصيل كما يتناول النواحى العامة .

وقد أسفرت الدراسة التى قام بها أرب Arp ، وباوم Baum ، وسانداج Sandag على الحشود الكرية نتائج لها دلالات خطيرة ، فألمع نجوم هذه الحشود تسير فى تتابع يبدأ من النجوم اللامعة الكبيرة الحمراء وينتهى بالنجوم الخافتة الصغيرة الباردة — وهذا مابينه شابلى Shapley منذ عدة سنوات . فكأنها فى الواقع تسير فى عكس الإتجاه الذى تخطته نحو التتابع الرئيسى التى تتكون منها السلسلة الفقرية للصورة العائلية للحشد المجرى .

وقد أثبتت النتائج الجديدة أن الصورة تقترب من نجوم التتابع الرئيسى فى منطقة النجوم التى هى دون الشمس لمعانا ، فإذا هبطنا عن هذه المنطقة بدت الصورتان وكأنهما قد إنطبقتا إحداهما على الأخرى .

وكذلك تختلف الحشود الكرية عن الحشود المجرية من حيث مسلك

النجوم المكونة لكل من الفصيلتين . فكثير من الحشود الكرية غنية ببعض أنواع النجوم المتغيرة — مثل نجوم ر . ر السلياق السريعة الخفقان ، والتى لاتزيد دورة خفقانها عن يوم واحد ، ومثل النجم ر . ف . الثور والعذراء وهما أبطأ خفقانا من ر . ر . السلياق ولهذين النجمين منحنيات ضوئية خاصة وطيف مميز .

ولا يكاد يكون هناك وجود للنجوم المتغيرة فى الحشود المجرية ، إلا فيما ندر ، كالنجومُ القيفاوية التى تحدثنا عنها فى الفصل الأول . ولكن أنواع المتغيرات الشائعة فى الحشود الكرية منعدمة تماما عن الحشود المجرية .

كما أن عدد النجوم المتغـــيرة فى الحشود الكرية يختلف بين مجموعة وأخرى . فبعض الحشود يحتوى علىماينوف على مائة نجم من نجم ر ر . السلياق .

وبعضها يحتوى على قليل منها ، وبعضها لايحتوى على شىء إطلاقا . وكذلك يختلف توزيع فترات التذبذب بين حشد وحشد .

وقد دلت دراسات فلكى مرصد « مونت ويلسن » للصور العائلية للحشود الكرية ، بما لايدع مجالا للشك ، على أن إختلاف الخصائص المميزة للنجوم المتغيرة مرده إلى إختلاف فى توزيع النجوم خلال منطقة التتابع الرئيسى ؛ ذلك التوزيع الذى يتدرج من الأزرق إلى الأحمر ، ومن اللامع إلى الخافت .

وبهذا الإكتشاف نكون قد وضعنا أيدينا على مفتاح يكفل لنا إظهار إختلافات السن والتاريخ بين الحشود الكرية ، وإن كان هذا المفتاح لم يستغل بعد

أن أوميجا قنطورس نفسه ، هو واحد من أقرب الحشود الكرية إلينا ، هو من البعـــد عنا بحيث يصعب ملاحظة مافيه من النجوم التى تزيد على الشمس لمعانا، أما النجوم التى يقل لمعانها عن لمعان الشمس فلا يمكن تلمسها إطلاقا . وليس لدينا أى مجال للشك فى أن هذا النوع من النجوم — أعنى التى يقل لمعانها عن لمعان الشمس — هى الأكثر شيوعا فى الحشود الكرية كما أنها هى الأكثر شيوعا فى منطقتنا . ولكن معلوماتنا الحالية عن عددها وخواصها لاتزال ضئيلة جدا .

ورأيى الشخصى هو أن الصور العائلية للحشود الكرية والحشود المجرية وإن كانت تختلف عن بعضها البعض فى النجوم اللامعة ، تتداخل فى بعضها فى النجوم الخافتة ، كما أن هاتين الفصيلتين من الحشود النجمية تستقران على قاعدة واحدة (إن صح هذا التعبير) ثم تتفرعان فى الطبقات العليا وتتخذ كل منها وجهة تخالف الأخرى .

وسأسمح لنفسى هنا أن أقفز إلى نتيجة سيرد ذكرها فى ختام فصل من الفصول التالية. سأجرؤ فأقول إن إختلاف النجوم اللامعة فى الحشود الكرية عنه فى الحشود المجرية يرجع إلى عامل السن ، ففى الحشود الكرية (أو ماسميناه بالجمهرة رقم ٢) تظهر لنا صورة عائلة من النجوم أكبر سنا من الحشود المجرية (أو ماسميناه بالجمهرة رقم ١)

والنجوم اللامعة لا تستهلك بنفس الطريقة التى تستهلك بها النجوم الخافتة فالنجوم الشديدة اللمعان — أو النجوم المسرفة — تستهلك ذاتها مبكرا . أما النجوم الخافتة — التى يقل لمعانها عن الشمس — ، فتقتصد فى الإنفاق من رصيدها متى تيسر لها الإستمرار فى اللمعان ، فلا يؤدى مرور الزمن إلى إحداث تغير كبير فيها . أما الأساس الذى بنى عليه هذا الإستنتاج فنرجىء بيانه إلى فصل تال .

وقد سبق أن رأينا أن الصورة العائلية للحشود المجرية تتألف من جميع الصور المركبة من النجوم التى تتحرك حول مدار المجـــرة . على أن هناك مجموعة أخرى من النجوم تعطى صورة مركبة هى أشبه ماتكون بصورة الحشود الكرية — تلك هى النجوم المستقلة المنعزلة التى تتحرك عبر طريق المجرة « أى النجوم ذات السرعة الفائقة » .

وقد رأينا أن حركة معظم النجوم التى تقع فى محيطنا هى أشبه ماتكون بحركة الشمس ، فهى تطوف حول المجرة فى داخل « الشطيرة »—السندوتش— المركزية المكونة من التراب والضباب ، ولكن بعض النجوم تخترق طريقنا صانعة زوايا مختلفة ، شأنها فى ذلك شأن الحشود الكرية ، وهى تبدو لنا أيضا — وكأنها تشير فى جميع الإتجاهات ، لأننا نرى فيها إنعكاس حركتنا نحن حول مركز المجرة وهى فى الواقع تلتف حول المجموعة النجمية فى جميع الإتجاهات و تتخذ حـ كتها مختلف الزوايا .

ويطلق على هذه النجوم إسم النجوم ذات السرعة الفائقة ،ولو أن سرعتها ليست أكبر من سرعة الشمس ، ولكن لما كنا نتحرك مع التيار الرئيسى فإن سرعات هذه النجوم التى تتحرك عبر طريقنا وتختط لنفسها مختلف الوجهات تلوح لنا أكبر مما هى .

وتتضمن هذه النجوم ذات السرعة الفائقة أنواعا عدة ، فاذا حاولنا أن نجمع أشتاتها ونؤلف منها صورة عائلية موحدة ، حصلنا على صوره هى أشبه بصورة الحشد الكرى منها بالحشد المجرى .

فهناك نجوم متغيرة من نفس النوع الذى يشيع فى الحشود الكرية ، ولكنها توجد منعزلة وحدها ، وقد ثبت أنها جميعا من النجوم ذات السرعة

الفائقة. ولما كانت هذه النجوم تسير عبر الطبقة المركزية فى جميع الإتجاهات فإنها تبدو فوقنا على إرتفاعات مختلفة.

وليس هناك أدنى شك فى أنها تكون ضبابا كريا ـ من النجوم ـ يغشى طبقة التراب المركزية من جميع نواحيها، كما أنه لا يكاد يكون هناك أدنى شك فى أنها تكون فى الواقع السواد الأعظم من نجوم مجموعتنا النجمية.

وهذه الحقيقة الأخيرة ليست واضحة للاكثرين، لأن طريق المدار مزدحم فى المنطقة المجاورة لنا، فهو أشد إزدحاما من غمام النجوم المتسكعة. ولكن فى بعض أجزاء مجموعتنا النجمية تكون النجوم ذات السرعة الفائقة كبيرة إلى حد يحجب أى أثر للطريق الدائرى.

وما كنا لندرك صحة هذه الحقيقة لو أن ملاحظاتنا كانت قاصرة على نجوم مجموعتنا وحدها. ولكننا حين ننظر فى الفضاء إلى مجموعات أخرى مشابهة لمجموعتنا نشاهد الجمهرتين موزعتين على نسبتهما الحقيقيتين ـ الجمهرة الأولى فى طريق مدارى محصور فى نطاق أزقة محدودة، وكرة عملاقة من نجوم الجمهرة الثانية تحيط بكل شىء وتغطى على كل شىء.

وسيكون موضوع الفصل التالى هو البحث فى هذه المجموعات النجمية البعيدة، ومقارنتها بمجموعتنا، ولنذكر ماسبق أن قلناه، وهو أن الحشود المجرية تتحرك فى طبقة التراب والذرات، وأنها تضىء السحب الواقعة بين النجوم. أما الوسط الذى توجد فيه الحشود الكرية فيختلف عن ذلك تمام الإختلاف. فلا أثر للظلام ولا مجال للمواد المعتمة، ولا وجود للذرات السديمية تتوهج داخلها، وأكبر الظن أن هذه الحشود العظمى من النجوم خالية تماما ـ أو هى تكاد تكون خالية ـ من مواد الفراغ النجمى.

وربما كان لهذا الفرق فى بيئة كل من الجمهرتين أثر فعال فى تطورها، وهو ماسنتبينه فى فصل قادم إن شاء الله.

الفصل الخامس

المنظمات النجمية

هانحن أولاء قد تعرفنا إلى شخصيات تلك القصة التى تمثل على مسرح الكون؛ وهى النجوم، والأتربة، والغازات . . . ودرسنا الطرق المختلفة التى تترابط بها هذه الشخصيات بعضها ببعض : فمن مجموعات ثنائية، إلى مجموعات متعددة، إلى حشود نجمية .

فلنلق الآن نظرة عامة شاملة على المسرح، لنرى ما يجرى عليه فى لحظة من لحظات العمل ... وسنلاحظ أن الشخصيات التى تعرفنا إليها حتى الآن تكاد تكون جميعا تابعه لمجرتنا .

ولكن مجرتنا هذه ليست إلا واحدة من بين ملايين المجرات التى يختلف بعضها عن البعض إختلافا واضحا .

ترى كيف تبدو لنا مجرتنا هذه لو أننا إستطعنا أن نرصدها من نقطة خارجة عنها ؟ إن عملية رصد مجرتنا ليست بالأمر اليسير، ولقد عرفنا فى الفصل الثانى علة تلك الصعوبة، فالشمس تجرى فى الممر الرئيسى، الذى يحتشد فيه ضباب كثيف من التراب والغمام ودخان الفراغ النجمى . ونجوم الطبقة المركزية القريبة نسبيا يغشاها الضباب، أما النجوم البعيدة فهى محجوبة عنا تماما، وإن من يحاول أن يرصد مجرتنا ليلاقى نفس الصعوبة التى تجابه من يريد أن يرسم خريطة لمدينة كبيرة يكتنفها دخان كثيف وهو واقف فى أشد أجزائها إزدحاما .

يمكن أن نجعل نقطة البداية إحصاء النجوم المتباينة اللمعان التى ترى فى مختلف الإتجاهات . وقد أمكن بفضل المراقب الحديثة مشاهدة عدة ملايين من هذه النجوم . وليس من الممكن أو من الضرورى إحصاؤها عدا فحسبنا أن نختار عددا من المناطق كنموذج لعملية الإحصاء . ولكن عملية الإحصاء لا تعدو أن تكون نقطة بداية كما ذكرنا .

ولكى ندرك عدد نجوم المجرة إدراكا أقرب ما يكون إلى الصواب عن طريق دراسة هذه النماذج ، علينا أن ندخل فى حسابنا ما يغشيه الضباب منها أو يخفيه تماما . ومع ذلك فليست هذه العملية بالسهولة التى تبدو عليها . فإن هناك أسبابا متعددة يعزى إليها خفوت النجوم التى ترى خافتة فى مختلف الإتجاهات .

فقد يكون لمعانها فى واقع الأمر ضئيلا ، مثل النجم الأقرب القنطورى ، الذى لم نكن لنراه لولا أنه شديد القرب منا .

وقد تكون فى واقع أمرها شديدة اللمعان ، ولكنها منا على بعد سحيق . أو لعلها تقع خلف رقع من الضباب ، تجعلها تبدو وكأنها أبعد مما هى فى الواقع .

والواقع أن هذه هى الحال فى جميع النجوم الشديدة التألق السحيقة البعد ، فكلما شرعنا فى وضع خريطة لجهازنا النجمى (أى مجرتنا) يجب أن ندخل فى تقديرنا هذا الإعتبار .

ويمكن إيجاد بعض أبعاد النجوم هندسيا إذا كانت قريبة منا قربا يكفى لإظهار تغيرات ملحوظه فى مواقعها من السماء بسبب حركة الأرض السنوية حول الشمس .

ولهذه النجوم فائدة كبيرة ، فهى تمدنا بالمقياس الذى نستطيع به

إيجاد المسافات التى تفصلنا عن النجوم الأشد بعداً .

وإذا قدر لنا أن نرى النجوم التى أمكن قياس أبعادها فى مواقعها الحقيقية فى فراغ المجرة ، لانكشفت لنا المواقع الحقيقية للنجوم بالنسبة إلى بعضها البعض ، ولأخذت مجموعة هذه النجوم تتخذ لها نظاما معينا .

فالواقع أن هذه الصور الضخمة الجامعة تشبه كثيرا الصور العائلية للحشود النجمية التى إلتقينا بها فى الفصل السابق . فالتناسق الذى يربط أفرادها بعضها ببعض يمكننا — مثلا — من الحكم على درجة لمعان نجم إذا تمكننا من تعيين لونه (ودرجة حرارته ، أو طيفه) وعرفنا نوع الأسرة التى ينتمى إليها .

ولكل من أسرة الحشد المجرى (التى تتبع الجمهرة الأولى) والحشد الكرى (الجمهرة الثانية) نسق خاص ينتظم أفرادها . فإذا أمكن التأكد من أن نجما من النجوم تابع لإحدى الأسرتين فقد تحددت خواصه ، وعرفت درجة لمعانه ومقدار بعده ، وأمكن أن يوضع فى موضعه الملائم من الخريطة .

وتنحصر الصعوبة كلها فى تحديد الجمهرة التى ينتمى إليها النجم . . . وهنا نجد أن من المفيد أن نلجأ إلى دراسة حركة النجم التى يكون لها القول الفصل فى هذا الموضوع . . . فنجوم الجمهرة الأولى تتحرك حول المسار الدائرة . وأما نجوم الجمهرة الثانية فهى نجوم فائقة السرعة تخترق المسار فى جميع الاتجاهات .

على أننا يجب أن نحذر من الإسراف فى الإعتماد فى هذه القاعدة ، فالتفريق بين أنواع النجوم على هدى الحركات التى تسلكها لا تعطينا إلا نتائج تقريبية .

وكم من نجوم تابعة للجمهرة الثانية تتحرك فى إتجاه التيار النجمى وكأنها من نجوم الجمهرة الأولى .

ولكن هناك عددا ضخما من النجوم لا نجد طريقة لتحديد أبعادها إلا باستخدام هذه النظرية ، التى نستطيع على هديها أن نضع النجوم فى موضعها اللائق من الصورة الجامعة ، كما تمكننا من تعيين صفاتها ومن ثمة نستطيع أن نهتدى إلى مواقعها . وقد إستطعنا بمجهود عنيف أن ننسق بين الحقائق المتناثرة المتعلقة بخواص النجوم وحركاتها داخل مجرتنا ، فأسفرت هذه المجهودات عن صورة كلية واضحة إلى حد ما ، وإستطعنا على هذه الصورة أن نرى كيف أن هذا العدد الضخم المتراكم من النجوم التى تتحرك فيه شمسنا ذو طبقة مركزية رقيقة نسبيا ، هى الحشو الترابى الدخانى للكعكة (التى شبهنا بها المجرة فى الفصل الثانى) .

وأكبر الظن أن هذا الحشو ذو شكل دائرى ، يبلغ البعد بين حافتيه مائة ألف سنة ضوئية وأما سمكه فضئيل نسبيا — إذ يتراوح بين ألفى سنة وثلاثة آلاف سنة ضوئية ، فكأنه لا يتجاوز ٢٪ من قطره .

وتبعد الشمس عن مركز هذا الحشو بعدا سحيقا يكاد يبلغ ثلاثين ألف سنة ضوئية ، وتبعد عن الحافة بمقدار عشرين ألف سنة ضوئية .

ويتحرك التيار الدائرى الذى تسير فيه النجوم داخل الطبقة الدائرية الرقيقة . وتستغرق الشمس حوالى مئتى مليون سنة لتتم دورتها حول هذا الممر ، أما النجوم التى هى أشد بعدا عن المركز من الشمس فتستغرق زمنا أطول . وأما النجوم الأقرب إلى المركز فسرعتها أكبر ، وتقطع الدورة فى زمن أقصر .

هذه الفروق فى سرعات النجوم حول المدار — برغم ضآلتها — تكاد تكون الشاهد الأوحد الذى إستطعنا به أن نتبين حركات النجوم داخل تيار الممر النجمى .

ويتعين طريق مجرتنا بطبقة الحشو والنجوم التى تتحرك فيها . وما الطريق اللبنى إلا ذلك "شريط الضوئى المغبش الذى يمتد عبر السماء ، فإذا سلط عليه المرقب تحلل إلى آلاف النجوم التى تغبشها لطخ من التراب والسدم المتألقة التى تشتت ضوء النجم أو تعكسه .

ولو أن الطبقة التى تعين الطريق اللبنى كانت خلوا من التراب أو الضباب ، لبدت المنطقة الممتدة جنوب مركز المجرة (فى كوكبتى القوس والحواء) وقد توهج ضوؤها بشدة تفوق منطقة النجوم فى إتجاه الحافة الأقرب إلينا (فى كوكبتى الثور والكلب الأكبر) . وأشد ما يكون التراب تكاثفا فى المنطقة الممتدة إلى المركز نفسه ، حتى يبلغ من شدته حدا يخفى نواة مجرتنا عن العين وعن آلة التصوير معا . ولكن الضوء الأحمر ينفذ فى سهولة نسبية (لأن من خصائص هذا اللون أنه أقل من غيره تشتتا) كما تنساب الأمواج اللاسلكية ، وتنبعث الأشعة تحت الحمراء أيضا — وبهذه الوسائل تبدأ المناطق المركزية تعطينا لمحة عن حقيقة لمعانها .

وبرغم عجزنا عن رؤية الكتلة النجمية الكبرى تجاه مركز المجرة ، فإنه هناك عدة دلائل ، (إذا إستطعنا أن نعرف أين نتلمسها) تدلنا على أننا فى الحقيقة بالقرب من حافتها .

فقد لوحظ أنه على بعد ثلاثين ألف سنة ضوئية ، يوجد نجوم ذات لمعان فائق ، وتبين أن هذه النجوم كلها فى إتجاه المركز . ولكن ليس هناك أثر لهذه النجوم اللامعة فى الإتجاه العكسى .

وليست كثافة حركة المرور واحدة فى جميع أجزاء الممر الدائرى الأعظم .. وعلى وجه العموم تزداد النجوم كثافة كلما إتجهنا صوب سرة المجرة ، أعنى « النواة » التى حولها تدور المجرة . ولكن كثافة النجوم تختلف شدة وضعفا فى كلا الإتجاهين . وقد كان أول من لاحظ الحركة الدورانية فى مجرتنا وأدركها على حقيقتها الفلكيان أورت Oort الهولندى ولند بلاد Lindblad السويدى

وكان أورت هو الذى أدرك أيضا أن هناك مناطق فى هذا المجرى الدائرى للممر تشتد فيها الكثافة، وتتخللها مناطق أخرى أقل تكاثفا وإحتشادا بالحركة.

ويبدو أننا واقعون عند الحافة الداخلية لمنطقة تشتد فيها حركة المرور، وأن هناك منطقة أخرى أقرب منا إلى نواة المجرة، وهى أكثر إحتشادا فى النجوم من منطقتنا. وسنرى فيما بعد أن ظاهرة تفاوت كثافة المرور بين منطقة وأخرى لا تنفرد بها مجرتنا، ولكنها موجودة فى بعض المجرات الأخرى، إذ تتخذ الحركة فيها منظرا جميلا أخاذا أشبه ما يكون بالحلقات الحلزونية تدور حول النواة.

وأكثر الفلكيين يعتقدون أن هناك من الدلائل على أن مجرتنا نفسها تحتوى على تلك « الأذرع الحلزونية » التى تكمش داخل الحشو المركزى وتتحرك فى داخله. على أنه ليس من السهل إكتشاف الأذرع الحلزونية الحقيقية التى توجد داخل المجرة عن طريق تصوير توزيع النجوم، فليس فى وسعنا أن نرى التفاصيل إلا فى قطع صغيرة من الدائرة، ثم هى مع ذلك لا تشاهد واضحة كل الوضوح، فبعض أجزائها يختفى وراء لطخ من المادة تغبشها وتطمس معالمها.

ولكن معظم هذه الخرائط « المغبشة » التى كان فى وسعنا أن ننشئها؛ قد ظهر أنها يمكن أن تندرج تحت الشكل اللولبى إذا راعينا أن نختار لها النجوم الملائمة. ونجوم «الجمهرة الأولى» التى التقينا بها فى الفصل الماضى — هى السابحات المثلى التى تدور حول الممر المركزى. وتتمثل الحركة الدورانية التى تجرى داحل المجرة على أكملها فى النجوم الساخنة المتألقة التى تحتل الجزء العلوى من نجوم التتابع الرئيسى، أمثال نجوم الثريا اللامعة، ونجوم الحشد المزدوج فى فرساوس التى تبلغ درجة حرارتها حدا فائقا.

وقد كان جل إعتمادنا فيما حصلنا عليه من معلومات عن حركة المجرة

الدورانية على البحوث التى أجراها الفلكيان الكنديان ج . س بلاسكيت G. S. Blaskett وجوزيف بيرس Joseph Pearce على هذه المجموعة من النجوم .

وقد كان إختيار النجوم الساخنة الفائقة اللمعان موضوعا لهذه الدراسة إختيارا طبيعياً موفقا ، لأنها ترى من مسافات شاسعة البعد ،ودراسة تفاصيل طيفها تجعـــل من الممكن قياس أبعـادها إذا أتخذت الإحتيـاطات الضرورية . وتعتبر هذه القياســـات من العناصر الضرورية لتوضيح معالم صورتها .

وأهم إحتياط يجب أن يتخذ هو أن نعمل حساب الإنطماس الذى تحدثه المـادة المعتمة ، وهو عامل خطير فى هذه المجموعة من النجوم بالذات ، لأنها تقع جميعاً دون إستثناء يذكر داخل الطبقة الداخلية للتراب والضباب .

ويمكن قياس درجة الإعتام ــ كما شرحنا فى الفصل الثانى ــ بقياس مقدار الإحمرار الذى تحدثه .

وقد إستخدم العلامة الفلكى ستبينز Stebbins وزملاؤه الجهاز الكهروضوئى ـ وهو جهاز غاية فى الدقة ــ فى عمليات القياس التى أجروها على النجوم ، وباستخدام هذا الجهاز أمكننا أن نعرف الأبعاد الحقيقية لمـايزيد على ألف نجم من النجوم الحارة المتألقة .

وتعتبر هذه النجوم من أحسن العينات التى درست دراسة شاملة لم تتح لعينات النجوم الأخرى .

ولـكن إيثارنا للنجوم الحارة المتألقة لدراسة الأذرع اللولبية فى مجرتنا لم يكن سببه هو سهولة عزلها عن غيرها فحسب ، ولـكن هناك سببا آخرا لا يقل عنه أهمية ، هو أنها أكثر من غيرها من النجوم إندماجا فى الجهاز اللولبى . .

ولو أننا قصرنا دراستنا على مجرتنا فحسب ، لما وسعنا أن ندرك هذه الحقيقة الفائقة الخطورة . ولكن الذى أدى بنا إلى التسليم بها هو دراستنا لسائر المجرات التى هى من القرب منا بحيث نستطيع أن نلاحظ فيها نجوما شبيهة بنجومنا .

وسنرى فيما بعد إن شاء الله أننا لم نستطع أن نتبع أذرع مجرة المرأة المسلسلة الكبرى إلا بدراسة النجوم اللامعة ذات الحرارة العالية .

وهنا نكون قد ظفرنا بإحدى الحقائق الكبرى فى تطور النجوم ، وسنكشف بعض نتائجها فيما بعد .

ولهذه العمالقة العليا من النجوم الساخنة تأثيرات على الوسط الذى يحيط بها . وليس السديم الأكبر فى كوكبة الجبار إلا واحدا من السحب الغازية التى لا يحصى عددها والتى تضىء ويذكو وهجها بتأثير ما بداخلها من النجوم الحارة .

وإن هذا الغاز الموجود فى كل مكان والذى يتراكم فى الطبقة المركزية للمجرة ليعلن عن وجوده إذا وجد بالقرب منه عملاق ذو درجة حرارة عالية تكفى لإثارة الطيف السديمى فى ذراته . وعندما درس الجهاز اللولبى فى مجرتنا على ضوء السدم التى تطوق العمالقة العليا الحارة ، بدأت تبين معالمه لأول مرة فى صورة جلية مثيرة للإنتباه

ولم يحدث أن ألتقطت صورة فعلية لهذا الجهاز اللولبى إلا من عهد قريب جداً ، حين تمكن العلامة (و . و مورجان W.W. Morgan) وأعوانه فى مرصد ييركز Yerkes — بطريقة ألمحية خلابة — من إلتقاط صورة لمسار الأذرع اللولبية فى مجرتنا على ضوء السدم ...

ولأول مرة ... لأول مرة تتجلى هذه الأذرع واضحة محددة المعالم لا يشوبها خفاء أو غموض .

وقد تمكن مورجان من تمييز إثنين من هذه الأذرع على مسافة ستة آلاف سنة ضوئية ، وإستطاع أن يحدس مكان ذراع ثالث .

وهكذا قدر للصورة التي ظلت حيناً من الدهر مبهمة مهزوزة أن تتخذ لها أخيراً شكلا واضح المعالم محدد السمات بين القسمات .

إن السبب فى لمعان السدم المتألقة راجع إلى وجود نجوم ساخنة بالقرب منها ، وما من شك فى أن هناك لطخاً كبيرة من غازات الفراغ النجمى تظل خافتة لأنها لم تجد نجماً يضيئها ويبدد ظلماتها ..

ولكن هذا الترابط بين السدم والنجوم الساخنة ليس وليد المصادفة ، لأن دراستنا لحركات السدم المتألقة قد دلنا على أنها ـ هى أيضا ـ تسلك نفس المسار الدائرى الذى تسلكه النجوم ، وبسرعة تعادل سرعتها .

فهناك صلة بين العمالقة العليا الساخنة وبين السدم ، لا تقل قوة عن تلك الصلة بين مجموعات النجوم التى تتحرك فى جماعات .

وسنكشف فى فصل تال عن العلة التى يظن أنها السبب فى هذه العلاقة ، كما سنعرض لبيان النتائج المحتملة التى تترتب عليها .

والحركة المجرية الدورانية تكون فى النجوم اللامعة أظهر منها فى سائر النجوم . ولكن هناك نجوما متألقة أخرى متميزة فى الطبقة المركزية للمجرة ، تشارك فى الحركة الدورانية ؛ ومثلها المتغيرات القيفاوية ، وهى النجوم النابضة التى التقينا بها فى الفصل الأول .

وما من شك فى أنها تابعة لنجوم الجمهرة الأولى ، وتقع فى الطبقة المركزية

وقد تمكن العالم الفلكي جوى Goy أحد فلكيي مرصد مونت ولسن ـ من أن يثبت بطريقة لا تقبل الشك أنها تتحرك مع المدار الدائرى .

على أن المتغيرات القيفاوية إذ أعتبرت كنجوم تابعة للجمهرة الأولى فليست لها أصالة النجوم العمالقة العليا ذات الحرارة الفائقة — فعبثا نحاول أن نتامسها فى الحشود المجرية والجماعات النجمية التى نادى بها الفلكى أمبارتسوميان .

صحيح أن المتغيرات القيفاوية نادرة الوجود فى المجرة حتى أنه ليوجد إزاء كل متغير قيفاوى واحد نصف مليون نجم من نجوم الجمهرة الأولى، ولكن وجود النجوم العمالقة العليا الساخنة لا تختلف عنها ندرة ، وهى ممثلة تمثيلا حسنا فى الحشود المجرية .

ويمكن معرفة مواقع القيفاويات على خريطة المجرة ولكن ليس بالدقة التى يمكن بها معرفة مواقع النجوم الساخنة .

وفى وسعنا أن نعرف درجة لمعانها الحقيقية من الإرتباط بين الدورة واللمعان ، ولكننا حين نحاول أن نصحح أبعادها بإحتساب مدى الإعتام فإننا نواجه مشكلة أصعب ، أو على الأقل مشكلة أكبر .

فلا بد من إجراء عمليات طويلة قبل أن نتوصل إلى معرفة ألوانها الحقيقية وقياس درجة إحمرارها ، لأن تغير لمعانها يضاعف من كمية الجهد الذى يجب أن يبذل للتحقق من هذين الأمرين .

وهنا أيضاً ، يجب أن نعتمد على الأساليب الدقيقة التى يتيحها لنا إستعمال الجهاز الكهروضوئى . والخرائط التى ترسم لتبيان المواقع المحتملة للقيفاويات داخل المجرة ، لا تظهر فيها الأذرع اللولبية واضحة وضوحها فى السدم

المتألقة والعمالقة العليا الساخنة · وتبدو القيفاويات وكأنها بقع منتثرة على صحيفة ، بينما العمالقة العليا تبدو موزعة فى أزقة محددة .

والصفحة التى تتجلى عليها القيفاويات رقيقة ، لأن القيفاويات تحتضن مستوى المجرة ، ولكنها لا تكشف عن الأذرع الحلزونية للمجرة ·

وليست نجوم الجمهرة الأولى قاصرة على النجوم المتألقة بنوعيها : العمالقة العلياوالقيفاويات ، ولكنهاتتضمن أيضا النجوم الخافتة الأخرىالتى تزخر بها سلسلة التتابع الرئيسى ، وتتدرج هذه النجوم مع السلسلة حتى تصل إلى الأقزام الفائقه البرودة . وأغلب جيراننا النجوم ينتمى إلى هذه العائلة من النجوم التى تتحرك حول الطريق الدائرى . ويقدر عدد النجوم التى تعمر الحشو المركزى للمجرة وتتحرك فيه ، بحوالى ألف مليون نجم . ولكن ليس من بينها ما يظهر الخصائص النموذجية التى تظهر فى النجوم التى تحتل الطرف العلوى من سلسلة التتابع الرئيسى .

على أن نجوم الطبقة المركزية ليست هى كل ماتحويه مجرتنا من نجوم ، بل ليست هى أهمها ، فالنجوم الفائقة السرعة تمثل الجمهرة الثانية ، التى تتجلى خصائصها فى الحشود الكرية ، وتمتاز هذه النجوم بأنها تنفق من طاقتها بحذر وإعتدال ، فألمعها لا يزيد عن لمعان الشمس بأكثر من مائة ضعف . ولا مجال هنا للنجوم اللامعة الحارة ولا لنجوم وولف رايت ولا للمتغيرات القيفاوية .

ولكن هذه الجمهرة عامرة بنجوم ر. ر. السلياق التى تتم دورة خفقانها فى ساعات لا أيام ، وتحتوى هذه الجمهرة أيضاً على العمالقة الدنيا ، والأقزام الدنيا . ويلوح أن أخفت نجومها لا يمكن تمييزه من أخفت نجوم الجمهرة الأولى (إلا من حيث الوضع والحركة) وهنا يجب ألا ننسى أن الحشود الكرية بمواضعها وحركتها المميزة تنتمى إلى الجمهرة الثانية .

وهكذا نميز نجوم الجمهره الثانية بمواضعها وسرعتها . وإنعكاس حركتنا الدائرية يجعلها تبدو وكأنها تتحرك فى إتجاه واحد ، ولكنها فى الواقع تتحرك دون رابط لها ، فهى تجتاز الطبقة المركزية متخذة لنفسها كل الإتجاهات ، وتقطع مسافات شاسعة فوق هذه الطبقة وتحتها

فإذا إعتبرنا نجوم الجمهرة الأولى مكونة لشريحة مركزية رقيقة ، جاز لنا أن نعتبر الجمهرة الثانية كغمامة كرية من النجوم (أو أدنى إلى الكرية) تحيط بمجرتنا كلها .

ونحن نعلم أن نجوم ر. ر. السلياق تقع على بعد ثلاثين ألف سنة ضوئية فوق مستوى المجرة . وأضخم مجموعة وأقربها إلى الكرية هى مجموعة الحشود الكرية ، وهى كرات من النجوم تبلغ المائة عدا أو تزيد ، مرتبة على شكل أقرب ما يكون إلى الكرة تحيط بالمجرة .

وللحشود الكرية الفضل فى إدراكنا لحجم المجرة الضخم ، وإلى تمييز موقعنا نحن فى داخل هذا الجهاز العظيم .

فمنذ بضع عشرات السنين فقط ، كان يظن أن الشمس كانت فى مركز المجرة أو أقرب ما تكون إلى هذا المركز ، وأن قطر مجرتنا لا يتعدى بضع مئات من السنوات الضوئية . وكان شابلى أول من أدرك أن الحشود الكرية متجمعة حول مركز المجرة . وأن قطر المجرة لابد أن يبلغ فى الطول عشرات الآلاف من السنين الضوئية وأن مكاننا من هذه المجرة لابد أن يكون بعيدا عن مركزها — أى قريبا من إحدى حافتيها . وقد أدى هذا الكشف إلى توسيع آفاق معلوماتنا ، بحيث يمكن أن نعتبره بداية إنقلاب شامل فى تصورنا للكون .

وقد أصبح اليوم فى وسعنا أن نتحدث لا عن مئات السنين الضوئية ، بل عن مئات من ملايين هذه السنين ، بل لقد أصبح فى وسعنا أن نقيس هذه المسافات . . . .

وهكذا ترامت حدود المملكة الداخلة فى نفوذ علماء الفلك فى نصف القرن الأخير فتضاعف نصف قطرها مليون مرة ، ومن ثم تضاعف حجمها مليون مليون مليون مرة .

ويظن أن المجموعة الكرية من النجوم التى تكون نجوم الجمهرة الثانية تكون أكثف إتجاه مركز مجرتنا عنها فى المنطقة المجاورة لنا . ونحن واقعون فى الضواحى الخارجية للمجرة ، حيث تقل كثافة النجوم . فإذا نظرنا إلى ماهو موجود فى محيطنا منها وأردنا أن نكون فكرة عن عددها الكلى فى المجرة فإننا نخرج بعدد يقل كثيرا عن عددها الفعلى والواقع أنها تكون مالا يقل عن ٩٠ ٪ من مجموع نجوم المجرة .

وفى وسعنا أن نتصور مجموعة الجمهرة الثانية كشىء هو أقرب مايكون إلى حشد كرى جبار يحيط بالمجرة كلها من جميع نواحيها ، وقد إنتثرت فيه حشود كرية أصغر .

وقد تبين من دراسة المجرات الأخرى أن كثافة النجوم فيها تزداد إزدياداً كبيراً كلما قربنا من المناطق المركزية ، وهناك عدة دلائل ترجح أن مجرتنا لاتختلف عن هذه المجرات من هذه الناحية .

وخلال بضع السنوات الأخيرة درست المناطق المحيطة بمركز المجرة دراسة دقيقة تبين منها أنها مكتظة بنجوم الجمهرة الثانية من أمثال المتغيرات .

وقد وجد كذلك أن إحتشاد السدم الكوكبية والنجوم الجديدة (التى تتميز بها مجموعة الجمهرة الثانية) يزداد تجاه نواة المجرة . وهذا التركيز تجاه المركز هو بلا شك ، من خصائص هذه الجمهرة ككل

وفى الواقع ، يتكون الجزء الرئيسى من مجموعتنا النجمية من غمامة الحشود

الكرية . وأكبر الظن أنه ليس لها شكل معين ، وأنها لم تشترك فى عملية التكثف التى أدت إلى تكون الأذرع اللولبية ، وتمتد هذه الغمامة عبر المجرة كلها،مكونة غمامة متصلة تحتشد بالنجوم .

ويظن أنها تحوى من النجم مايقدر بعشرة أمثال ، إلى مائة مثل ، ماتحويه الجمهرة الأولى من نجوم تتحرك فى الطبقة المركزية . وربما يبلغ عدد نجومها مائة ألف مليون نجم . والواقع أن هـــذه المجموعة هى الأفراد الحقيقية المكونة لمجرتنا ، فنجوم الزقاق الترابى قليلة نسبيا ، وقد لاتزيد على ألف مليون نجـم — وسنرى أن مصير كثير منهـا إلى الزوال من الوجهة الفلكية .

ولسنا ندرى على التحقيق مدى قرب طبقة الحشد الترابى من المركز . ولكننا على يقين أنها لاتمتد إلى المركز . فهى أقرب إلى شكل كعكة حلقية من التراب منها إلى شكل طبقة ، وأكبر الظن أن المركز عبارة عن كرة كبيرة كثيفة مكونة من نجوم الجمهرة الثانية ، خالية تماما من التراب والضباب.

وما كنا لنصل إلى هذه النتيجة لو أننا إقتصرنا على مجرد دراسة المجرة التى نعيش فيها . ولكن الدراسات المقارنة التى أجريناها على مجرات أخرى مشابهة لمجرتنا هى التى أكدت لنا هذه النتيجة .

مجرة المرأة المسلسلة

هناك . . . بعيدا عن حدود مجرتنا ، توجد مجرة أخرى عظيمة ترى من خلال نجوم كوكبة المرأة المسلسلة وتقع على مسافة ٧٥٠٫٠٠٠ سنة ضوئية (اللوحة ١٢)

وقد إكتشفها منذ مائة عام الفلكى الفرنسى «مسييه» Messier وقد كانت

المهمة الأصلية المنوطة به هى إصطياد المذنبات ،فلاحظ فى أثناء بحوثه عددا من الأجسام التى بدت له ثابتة لا تتحرك ، وشعر بحيرة من أمره ، إذ ليس من طبيعة المذنبات الثبات ولكنه مع ذلك أعد قائمة بهذه الأجسام التى عثر عليها والتى ينبغى على الباحثين عن المذنبات أن يغضوا الطرف عنها . وكانت قائمته تحتوى على ١٠٤ من هذه الأجسام ، وكانت مجرة المرأة المسلسلة تحمل رقم ٣١ فيها . ومما يدعو إلى العجب أن يكشف هذا الفلكى دون أى قصد ماينوف على مائة مجموعة من المجموعات النجمية الهائلة بينما هو يتلمس الوصول إلى أصغر الأجسام السماوية وأضألها شأنا .

وكانت قائمته تتضمن ألمع الحشود النجمية ، كما إحتوت أيضا على عدد من المجرات ، يبعد بعضها عنا بما ينوف على مليون سنة ضوئية . وتعرف غالبا بالأرقام التى وضعها لها . وعلى هذا تعرف مجرة المرأة المسلسلة غالبا باسم « مسييه ٣١ » . والواقع أن إسم مسييه لا يقترن بدراسة المذنبات قدر مايقترن « بقائمته » من الأجسام التى خيبت أمله . ومجرة المرأة المسلسلة لا تكاد تختلف عن مجرتنا فى لمعانها ، أو عدد النجوم التى تحويها ، أو حجمها ، ومعظم المجرات الأخرى أصغر حجما .

وقد أدى تقدم علم الفلك على مر العصور إلى تبصرنا بهذه الحقائق المتلاحقة ، وهى أن الأرض ليست إلا كوكبا صغيرا ، وأنها ليست مركز المجموعة الشمسية ، ثم بين لنا أن الشمس ليست إلا نجما صغيرا ، وأنها ليست مركز المجرة ، وأن مجرتنا — نفسها — ليست إلا واحدة من ملايين المجرات .

فما أشد ضآلتنا ، وما أتفهها . على أننا لا نزال نعزى أنفسنا بميزة واحدة فى وسعنا أن نفخر بها : وهى أن مجرتنا هى إحدى كبريات المجرات . فهل يجىء اليوم الذى يتقدم فيه العلم خطوة أخرى فيسلبنا هذه المفخرة ويكشف لنا عن زيفها ؟ ؟

وإن تغاضينا عن الفرق الحجمى الضئيل بين مجرتنا ومجرة المرأة المسلسلة، فإن مجرة المرأة المسلسلة تبدو للناظر إليها من مجرتنا كما تبدو مجرتنا بالنسبة إلى الناظر إليها من مجرة المرأة المسلسلة ، وهى تكاد تواجهنا بحافتها . ولابد أنها دائرية الشكل ، ولما كانت تبدو لنا على شكل بيضى فان طبقتها المركزية لابد أن يميل على إتجاه نظرنا نحو ٧٥° .

ولو قدر لراصد على هذه المجرة أن يرقبنا ، لوجد مجرتنا أشد مواجهة له ، ولوجد أنها تميل على إتجاه بصره بنحو ٧٠° .

وأول الخصائص التى تستلفت النظر فى مجرة المرأة المسلسلة هو الأذرع اللولبية الملتفة التى تحيط بالمركز المتألق وهى تقابل أزقة المرور فى مجرتنا . وتتحرك الأذرع اللولبية — شأنها شأن أزقة المرور عندنا — فى طبقة من التراب والغاز ، وترصعها سدم لامعة وتوجد فى هذه الأذرع نجوم زرقاء متألقة ، كما هو الحال فى مجرتنا .

وتبعد مسيية ٣١ بعدا شاسعا عنا حتى أنه لايمكن أن يرى فيها نجم منفرد إذا كان يقل عن لمعان مائة شمس . وأن نجما فى لمعان الشعرى اليمانية ليبدو لنا فى القدر الواحد والعشرين ، ولايكاد يمكن إلتقاطه على اللوحات الفوتوغرافية إلا بإستعمال أقوى المناظير .

أما النجوم المماثلة لشمسنا فتخرج عن نطاق رؤيتنا وأكبر الظن أنه سيقدر لها أن تظل كذلك لمدة طويلة من الزمان .

وجميع النجوم اللامعة التى فى الأذرع (وعلى الأخص النجوم الزرقاء الحارة من أمثال النجم رجل الجبار ، ونجم النيتام ، والمجاميع المكونة من أمثال هذه النجوم كحشود فرساوس والثريا) هى من النجوم النموذجية التى تمتاز بها الجمهرة الأولى . وكذلك الشأن فى السدم اللامعة .

ونشاهد كذلك أمارات تدل على وجود التراب فى المناطق المركزية

متخذا شكل شطيرة تحفها النجوم اللامعة، ويبدو كعروق سوداء بين الأذرع المتألقة ، وفجأة . . . . يتوقف ظهور التراب ونجوم الجمهرة الأولى عند نقطة قريبة من النواة المتألقة ، حتى ليبدو أن المنطقة المركزية ، التى هى أشد المناطق تألقا ، خالية تماما من الضباب والتراب .

ويمكن إلتقاط صورة للأذرع اللولبية فى مجرة المرأة المسلسلة بطرق التصوير العادية ، ولكنها تكون صورة مطموسة شيئا ما . بيد أن تفاصيلها تبدو رائعة إذا صورت بضوء الأيدروجين ، الذى يكشف عن السدم اللامعة التى ترصع الأذرع .

وفى الصورة التى التقطها بادة Baade فى مونت ولسن ، تبدو الأذرع الخارجية واضحة المعالم : شرائط ضيقة تحدها غازات متوهجة بالقرب من النجوم اللامعة الساخنة ، وهو نفس المنظر الذى بدت عليه مجرتنا حين أخذت لها لأول مرة صورة دقيقة فى الضوء السديمى .

ونشاهد فى مسييه ٣١ كثير من القيفاويات اللامعة . وقد عرفنا حقيقة هذه القيفاويات لأول مرة ، حين إكتشفها هبل Hubble منذ ثلاثين عاما ، وأثبت أنها تنتظم فى أذرع لولبية ضخمة ، تبعد عنا مئات آلاف السنوات الضوئية .

وقد إستطاع هبل أن يستنبط لمعانها الحقيقى من منحنى « الدورة مع اللمعان » وحتى ذلك الحين الذى أكتشفت فيه هذه القيفاويات ، كان هناك جدل حول ما إذا كانت المجرات اللولبية أجساما صغيرة قريبة ، (لعلها موجودة داخـــل مجرتنا) ، أم أنها « عوالم من الجزر » على أبعـاد شاسعة عنـا .

وهكذا فتح هبل أمام أعيننا كونا فسيحا مكونا من مجرات شاسعة البعد ، تعد اليوم بالبلايين .

إن القيفاويات التى إكتشفها هبل هى من بين النجوم اللامعة التى تحتويها مجرة المرأة المسلسلة وتبدو بينة الملامح كجزء من تركيب المجرة . وفى وسعنا أن نفترض أنها تقع فى طبقة مركزية رقيقة ، شأنها فى ذلك شأن قيفاويات مجرتنا .

ويبدو أن القيفاويات التى فى مجرتنا منتثرة فى صحيفة رقيقة،وليست مركزة فى أذرع كما هو الحال فى العمالقة العليا . ويبدو أنها فى مسيية ٣١ أيضا موزعة بين الأذرع اللولبية .

ولم تتجل لنا هذه الحقيقة إلا منذ التقط « باده » صورة رائعة للفائف الدقيقة التى ترصعها السدم اللامعة . وقد أيدت هذه الصور الفكرة المبهجة التى إستوضحناها من خريطة القيفاويات فى مجرتنا .

وقد ظلت حقيقة المركز اللامع فى مسيبه ٣١ لغزا لم يحل لمدة طويلة ، فلم تكن النجوم المكونة له ترى واضحة . . . ولم يكن ثمة شك أنها تتكون فعلا من نجوم ، لامن مجرد سديم لامع . . . وكان الطيف الذى يظهر لنا منها طيف نجوم حقيقية ، ولم يبد فيه أية إشعاعات من تلك التى تمتاز بها السدم الغازية . فلم يبق اذن أى شك فى أنها تحتوى على نجوم ، ولكنها نجوم أضأل من أن ترى منفصلة ، بل كانت أخفت من نجوم الأذرع اللامعة .

وكان إدراك حقيقة المنطقة المركزية فى مجرة المسلسلة من أروع المآثر العلمية التى تمت فى عشر السنوات الأخيرة ، وكان الفضل راجعا إلى باده أحد فلكى مرصد مونت ولسن .

فقد خطر لباده أنه إذا كانت نجوم المركز حمراء ، فلابد أن تؤثر فى الألواح الحساسة الحمراء أكثر مما تؤثر فى الألواح الزرقاء . فالتزم غاية الدقة

فى تمييز الألواح وتحديد مدة تعرضها للسماء ، وبذل غاية الجهد فى إحكام تصويب مرقبه إلى الهدف ، وهكذا نجح فى إلتقاط صور نجوم النواة واضحة منفصلة بعضها عن بعض عند تخوم الألواح الحمراء .

وقد أظهرت صورة النواة أنها تحتوى عددا من النجوم لا يمكن تصديقه، وقد إحتشدت مع بعضها البعض مكونة كتلة مهوشة مختلطة الأجزاء، حتى أن أحد الذين رأوها للمرة الأولى علق قائلا : إنها تبدو كأنها كومة من الفلفل الأسود ، (ممثلا النجوم بحبات الفلفل) .

وقد ظهر أن ألمع نجومها يكاد أن يرى بالمرقب الذى قطره عدسته ١٠٠ بوصة — فلمعانه فى الواقع لا يزيد عن لمعان الشعرى اليمانية كثيرا .

ولما كانت هذه النجوم تبدو أشد جلاء فى الضوء الأحمر منها فى اللون الأزرق ، فهى اذن نجوم حمراء . والواقع أنها فى لمعانها تشبه تماما ألمع نجوم الحشود الكرية ، بل إن نواة مجرة المرأة المسلسلة ككل ليست إلا صورة مكبرة من الحشد الكرى وقد تكاثفت النجوم فيه عند المركز تكاثفا شديدا ، وتوزعت فيه على شكل كتلة مختلطة الأجزاء تبـــدو أقرب إلى الشكل الكرى .

وهناك وجوه أخرى للشبه بين نواة مجرة مسييه ٣١ والحشود الكرية إلى جانب تشابهها من حيث اللون ومن حيث لمعان ألمع نجومها . فتبدو هذه النواة خالية تماما من التراب والغاز .

أما خلوها من الغاز ، فيمكن التحقق منه بفحص طيفها ، وأما خلوها من التراب فقد تحققنا منه حين وجدنا أن المناطق المحيطة بالنواة تبدو تامة الشفافية (١) .

---

(١) انى مدينة للدكتور باده بهذه المعلومات .

فبطبيعة الحال لايمكن رؤية نجوم منفصلة خلف مجرة المرأة المسلسلة ، التى توجد على مسافة شاسعة من حدود مجرتنا . ولكن هناك آلافا من المجرات الأخرى أكبر بعدا من هذه المجره . ولايمكن رؤية هذه المجرات فى منطقة الأذرع بسبب حجب التراب الموجود فى الطبقة المركزية الرؤية ـ ولكن يمكن رؤيتها عبر النواة ، كما يمكن رؤيتها فى المناطق التى بين الأذرع . والآن ماحجم نواة مجرة المرأة المسلسلة ؟ ... إنها تمتد إلى حيث تبدأ الأذرع اللولبية ، كما ترى أيضا فى المناطق التى بين الأذرع .

والواقع أن النواة عبارة عن كتلة كرية ضخمة من النجوم تحيط بالمجرة كلها ـ أذرعها وسائر أجزائها . والنجوم منتشرة ، إنتشار حبات الفلفل ، فى كل أرجاء المجرة ولو أنها أقل تكثفا فى حواف المجرة عنهافى المناطق المركزية ويذكرنا هذا بضخامة عدد نجوم الجمهرة الثانية التى تكمن فى أرجاء مجرتنا ، وليس لدينا أدنى شك فى أن الغالبية العظمى من النجوم ،التى تكون بناء مجرة مسييه ٣١، لهانفس طبيعة تلك النجوم .. . إن لها جميع خواص الجمهرة الثانية، فألمع النجوم فيها هى أشدها حمرة ، ولا مكان فيها لتراب الفراغ النجمى أو غازه . وإن دراسة دقيقة للمعان أذرع مجرة المرأة المسلسلة ، ومقارنتها بلمعان نجوم الجمهرة الثانية ، لتثبت لنا بما لايدع أدنى مجال للشك أن نجوم الجمهرة الثانية تكون الأغلبية الساحقة لنجوم هذه الأذرع .

وانما يرجع ظهور هذه الأذرع إلى أنها تحتوى على نجوم لامعة منفصلة وسدم ، ولكن الغالبية العظمى للنجوم ـ أو مايكاد يبلغ ٩٩ ٪ من مجموعها ـ ينتمى إلى تلك الطبقة الهيكلية التى تمتد على هيئة غمامة ، متصلة الأجزاء ، خلال المجرة كلها ، ومعظم هـــذه النجوم أبعد عن مجال أبصارنا كنجوم مفردة .

وبمقارنة شفافية الأذرع والمناطق التى تفصل بينها إستطعنا أن نهتدى

لحقيقة أخرى ما كنا لنهتدى اليها لو أن معلوماتنا عن المجرات كانت قاصرة على مجرتنا نحن .

فقد إستطعنا أن ندرك أن المناطق بين الأذرع ليست معتمة ، وأن هذه المناطق المتوسطة الحاشدة بالنجوم الشبيهة بحشد حبات الفلفل - تامة الشفافية، حتى أن المجرات البعيدة ترى من خلالها واضحة لاحجاب يخفيها ولا ضباب يحد من وضوحها .

ومن المحتمل كثيرا أن يكون لمجرتنا نفس هذا النظام فى تركيبها. فالتراب والدخان وغاز الفراغ النجمى مقصورة جميعا فى الواقع على الممرات النجمية، ويفصلها عن بعضها البعض مناطق « نظيفة»، وقد بات فى حكم المؤكد ان نجوم الجمهرة الأولى ، مثل النجوم العمالقة العليا الساخنة ، يرتبط وجودها حيثما يوجد التراب والغاز ، وأنها لايمكن أن توجد البتة فى مناطق خالية من التراب .

فاذا صح أن الطبقة الهيكلية لمجرة المرأة المسلسلة مكونة من نجوم الجمهرة الثانية ، فلابد لنا أن نتوقع أن يكثر فيها الأشياء التى تشتهر بها هذه الجمهرة من النجوم وتعتبر من خصائصها ونعنى بها الحشود الكرية ، ونجوم ر . ر . السلياق النابضة الفائقة السرعة .

والحشود الكرية لامعة — فلمعانها يفوق لمعان شمسنا مابين ١٠ آلاف ومليون مرة — ويمكن أن ترى فى سهولة على بعد كبعد مجرة مسيية ٣١ .

وقد وجد فى هذه المجرة مئتان من هذه الحشود ، وعلى الرغم من فرط بعدها عنا فإنه يمكن تمييز حوافها الخارجية الغير محددة التى تثبت أنها حشود نجمية . كما أن لها لون حشودنا الكرية ، ونفس لمعانها(١) وما من شك فى

(١) الواقع ان هناك فرقا فى متوسط اللمعان يبلغ حوالى قدر واحد ، ووجود هذا الفرق يبعث على الحيرة فعلا ولكن لعل مرد هذا الفرق إلى خطأ طفيف فى

أنهـــا منتظمة فى شكل أقرب مايكون إلى كرة كبيرة حول الأذرع اللولبية الكبيرة .

وأما نجوم ر . ر . السلياق فالكشف عنها أصعب ، لأنها تكاد تتاخم المناطق الداخلة فى نطاق الرؤية التى تسمح بها الوسائل التى أستعملت أول ماأكتشفت نواة المجرة . ولكن بإستعمال المرقب الذى قطره ٢٠٠ بوصة تفتحت آفاق واسعة ، فأمكن الحصول أخيرا على معلومات كشفت الستار عن عدد ضخم من المتغيرات النجمية داخل النواة . وعلى الرغم من أنها لم تحلل تحليلا تفصيليا ، فيحتمل كثيرا أن تصل إلى ما يؤيد وجود نجوم ر . ر . السلياق فى الطبقة المبطنة لمسيية ٣١ (٢) . إن معلوماتنا الحاليـــة عن مجرة المرأة المسلسلة ليست قاصرة على النتائج التى نستمدها من تحليل مكوناتها وشكلها . . . فمن حسن طالعنا أنهـا متجهة إلينا بما فيها بشكل يسمح لنا بقياس دورانها .

فشكلها يشبه العجلة ، ويظهر من التحليل الطيفى أن مجرة مسيبه ٣١ تدوم تدويما سريعا ، بطريقة معقدة نوعا .

فدورانها لا يشبه دوران العجلة المتماسكة التى يدور هيكلها كله كجسم حافظ لشكله دائما ، فحركة الجزء المركزى تشبه حركة مثل هذه العجلة فعلا ، ولكن

= تقديرنا أبعاد الحشود الكرية فى مجرتنا أو فى تقديرنا لبعدهذه الحشود فى مجرة مسيية ٣١ ، حيث نضطر لأن نتبع طريقة أخرى تختلف عن الطريقة التى نتبعها فى مجرتنا .

(٢) اذا صح هذا فقد أصبح فى الوسع تحديد بعد مجرة مسيية ٣١ - لاتحديدا تقريبيا - بل تحديدا دقيقا لاتشوبه شائبة . ونكون قد ظفرنا على تلك المشكلة التى تحدثنا عنها توا - مشكلة الحشود الكرية فى تلك المجرة ، والإختلاف الطفيف بين لمعانها ولمعان الحشود الكرية فى مجرتنا - تلك المشكلة التى كانت مبعث حيرتنا . نقول لو صح هذا الذى ذكرناه ، فإن هذه المشكلة تكون قد حلت الآن .

الأجزاء الخارجية تتحرك كجسم غير متماسك ، فهى تزداد سرعة كلما بعدنا عن المركز . ثم تعود إلى التوقف عند الحافة القصوى ، ومن الواضح أن هـــذه الأجزاء لا يمكن أن تحتفظ بشكلها ، فلا بد أن تلتوى الأذرع التواء تدريجيا، مكونة أشكالا جديدة بمضى الزمن .

كيف تؤدى سرعات الدوران المتفاوتة الأجزاء المختلفة إلى تغيير شكل مسيية ٣١ ؟ ... من العجب حقا ، أنه بالرغم من أن هناك إجماعا على أن المجرة تتحرك حركة دوارنية حقا ، وأن هناك إتفاقا على مدى كبر هذه الحركة ، فإن هناك خلافا شديدا فى الرأى على نتيجة تغير شكل المجرة . والسبب فى ذلك هو أن معلوماتنا المتاحة لنا عن هذه المجرة لا تكفى لمعرفة أى طرفيها هو أدنى إلينا . فلو أن الطرف الذى تظهر فيه الأزقة الحالكة كان هو الأقرب إلينا ، لكان معنى هـذا أن الأذرع الخارجية منسحبة إلى الوراء ، وأنها تأخذ مع مرور الأيام فى الإلتفاف حول هيكل المجرة التى تسحبها إليها سحبا وتقبضها قبضا .

أما إذا كان الطرف الآخر هو الأقرب ، فمعنى هـذا أن الأذرع اللولبية تأخذ فى الإنبساط مع الأيام ، وأن الأذرع الخارجية ماضية فى سبيلها قدما .

وأعتقد أن معظم الفلكيين — وأنا من بينهم — يرجحون أن الأزقة المظلمة التى تخترق طريقها عبر حافة النواة موجودة فى الجانب المواجه لنا . ولكن الرأى المعارض له وجاهته أيضا . وتمدنا الحشود الكرية برأى فى هذا الموضوع . فلو أننا إعتبرناها مجموعة كرية فإن تلك المجموعات التى تقع خلف الأذرع يجب أن تكون بوجه عام أخفت ضوءاً من تلك التى تقع أمامها . والدلائل التى نستمدها من الحشود الكرية تتفق مع مانستمده من دراسة المناطق المعتمة المركزية التى تبدو وكأنها مطروحة على النواة — أى واقعة فى الجانب الأقرب منا — وهذه الدلائل تدل على أن المجرة تلف نفسها وتجر وراءها الأذرع الخارجية .

وسنرى فى فصل ثالث ، أن الموضوع هام جدا وضرورى لتفهم الكيفية التى تتطور بها المجرات الحلزونية والنجوم التى تتكون منها .

ولا تكون قصة مسيية ٣١ قد تمت فصولا إذا أغفلنا ذكر النجوم الجديدة أى النجوم الجديدة التى انفجرت فيها . وقد رصد أحد النجوم فوق الجديدة فى عام ١٨٨٥ وهو أقرب ما عرف من النجوم فوق الجديدة فى العصور الحديثة .

إن هذه الإنفجارات الشاملة التى تؤدى بنجم عملاق إلى خراب شامل ، هى إحدى الأحجيات الكبرى فى علم الفلك ، ولم نتقدم فى سبيل تفسيرها إلا تقدما بطيئا. ومرد ذلك إلى أن إنفجارات النجوم فوق الجديدة التى حدثت فى العصور الأخيرة كانت على أبعاد شاسعة منا ، مما جعل مهمة تحليل أطيافها تحليلا دقيقا مهمة شاقة لا تسمح لنا نتائجها بالوصول إلى معلومات حاسمة نطمئن إليها .

والنجم فوق الجديد الذى أكتشف فى مسييه ٣١ كان من القدر السادس ، ولو أنه ظهر اليوم لربما أدت بنا دراسته إلى حل شامل للغز النجوم فوق الجديدة برمتها .

ويخطر لنا هنا خاطر لا يخلو من فكاهة ، وإن كان قائما على المنطق العلمى الصارم ، وهو أنه لو كان قد قدر لهذه المجرة أن تكون أبعد عنا بمقدار ١ر٠ ٪ من بعدها الحالى ، لاستغرق ضوء هذا النجم فوق الجديد فى رحلته إلينا مدة أطول وإذن لما قدر له أن يصل إلينا إلا بعد أن نكون قد إستكملنا معدات البحث الطيفى الحديثه المتاحة اليوم .

وإلى جانب هذا النجم فوق الجديد ، أكتشف حوالى المائة من النجوم الجديدة فى المجرة خلال ربع القرن الأخير ، ويرجع الفضل فى إكتشاف معظمها إلى هبل . وعدد هذه النجوم الجديدة التى أكتشفت فى مجرة المرأة المسلسلة يعادل جميع ما سجل فى مجرتنا منها خلال تاريخ حياتها كله .

فإذا أدخلنا فى تقديرنا أن هناك عددا من النجوم الجديدة فى مجرتنا قد أغفل حسابه ، فيبدو أن عدد النجوم الجديدة فى المجرتين متعادل .

ويلوح أن النجوم الجديدة فى مجرتنا تنتمى إلى الجمهرة الثانية (ولو أن هذا الرأى لايزال موضع الأخذ والرد) أما فى مجرة مسيية ٣١ فتبدو النجوم الجديدة موزعة توزيع نجوم الجمهرة الثانية . .

فالسواد الأعظم منها يظهر فى مناطق النواة ، حيث لامجال للمتغيرات القيفاوية التى هى من سمات الجمهرة الأولى . ومع ذلك يبدو أن النجوم الجديدة ـ سواء ما كان منها فى مجرتنا أو فى مجرة المرأة المسلسلة — موزعة فى شكل أقرب إلى الإنبساط وأبعد عن التكور منها فى الحشود الكرية .

وعلى وجه العموم يبدو أن مجرتنا ومجرة مسيية ٣١ متشابهتان فى التركيب ونوع النجوم ، كما يبدو أنهما متكافئتان فى اللمعان تقريباً .

على أنه يلوح أن مجرتنا أكبر نوعا من مجرة المرأة المسلسلة (ولو أن الأخيرة تبدو — بإستعمال وسائل خاصة بالتصوير — وكأنها ممتدة إلى ماوراء النطاق الذى يمكن أن يسجله لوح فوتوغرافى عادى) . كما يلوح أيضاً أن مجرتنا أكبر من مجرة المرأة المسلسلة كتلة ، فوزن مجرتنا يتراوح بين وزن مائة ألف ومائتى ألف من ملايين الشموس (١) . أما وزن مسييه ٣١ فيبلغ نصف وزن مجرتنا . ولكن هذه الحقيقة لاتزال مشكوكا فيها .

توابع مجرة المرأة المسلسلة

ليست مجرة المرأة المسلسلة مجرة منعزلة . فإن لها تابعين خافتين (أو لعل لها أربع توابع) ، كل منها فى حكم المجرة والتابعان الألمعان منها يبدوان

---

(١) اختبرت الشمس كوحدة لوزن المجرات .

واضحين فى جميع الألواح الفوتوغرافية التى ألتقطت للمجرة نفسها . وكل من هذه التوابع الأربعة أصغر حجما وأقل تألقاً من المجرة نفسها . ولكن الفرق لا يقف عند هذا الحد .

فتوابع مجرة المرأة المسلسلة ممتزجة الأجزاء (لوحة ١٦) وليس لها أذرع لولبية ، وليس فيها تراب أو غاز ، ولها شكل متماثل بديع .

ومثل هذه المجرات منتشرة فى الفضاء ولها إسم يناسب شكلها ، هو إسم المجرات البيضية (الإهليجية) وقد ظل العلماء مدى طويلا عاجزين عن تحليلها إلى مكوناتها من النجوم ولكن دراسة أطيافها تدل دلالة أكيدة على أن مادتها نجمية صرفة .

وقد توصل إلى حل توابع مجرة مسيية ٣١ إلى نجومها المكونة لها فى نفس الوقت الذى تم فيه حل نواة هذه المجرة . وقد ثبت أن النجوم المكونة لها متشابهة تمام التشابه . فكلها مكونة من نجوم الجمهرة الثانية فقط وكلها تشبه الحشود الكرية الضخمة فى كل شىء ما عدا أحجامها ولمعانها .

وما نقوله هذا فى حاجة إلى قليل من التعديل فإن هناك قليلا من الرقع المعتمة المنعزلة ، التى توجد فى داخلها — وفى داخلها فقط — نجوم زرقاء ، وهى النجوم التى تعد من خصائص الجمرة الأولى .

إن وجود توابع المجرة مسيية ٣١ مختلفة على هذا النحو فى الحجم واللمعان والتركيب يذكرنا بالتزامل العجيب بين أفراد النجوم المزدوجة والنجوم المتعددة . فهناك فى الواقع تشابه لا شك فيه . فالمجرات الضخمة اللامعة ، من أمثال مجرة مسيية ٣١ ، واضحة تمام الوضوح . أما المجرات الصغيرة التابعة لها — المختلفة الأجزاء — فتكون الأغلبية الساحقة .

وشبيهة بهذه ما نشاهده فى النجوم الأخفت التى تتألف منها المجرة ، فالنجوم

من الشمس أكبر عددا من النجوم أمثال راعى الجوزاء ، بل أكبر عددا من النجوم أمثال الشعرى اليمانية نفسها

فمشكلة تطور المجرة لا تختلف فى شىء عن مشـــكلة تطور النجوم . ولا شك عندى أننا إذا تمكنا من حل إحدى المشكلتين فسيستتبع ذلك لا محالة حل المشكلة الأخرى .

المجرات غير المنتظمة

إن وجود توابع لمجرة المرأة المسلسلة تختلف عن أمها إختلافا شديدا ، ليس بالظاهرة الفريدة . فإن لمجرتنا تابعين مختلفين أشد الإختلاف — وهما مايسميان سحب مجلان ، ولسوء الحظ لا تظهر هـذه السحب إلا فى نصف الكرة الأرضية الجنوبى [1] ، وهاتان المجرتان مختلفتان عن المجرات التابعة لمسييه ٣١ إختلافا بعيدا إلى حد يفوق التصور .

وسحب مجلان ليست إلا مجرات غير منتظمة (اللوحتان ١٤ ، ١٥) وليس لهذه المجرات هذا التماثل الذى نلحظه فى المجرات البيضية ، ولا يمكن فى نفس الوقت أن نسميها مجرات مختلطة الأجزاء ، وإن كان لا يظهر فيها أى لفائف حلزونية .

هذه المجرات زاخرة بالحشود النجمية ، وتختلف كثافتها من مـكان إلى آخر ، بشكل يختلف أشد الإختلاف عن مجرة مسييه ٣١ .

وسحابة مجلان الكبيرة عبارة عن مجرة ضخمة ، تفوق المجرة العادية من حيث الحجم واللمعان ، ومنطقتها المركزية كثيفة ويظهر فيها كثير من النجوم اللامعة والحشود النجمية ، وبعضها مطمور فى السدم اللامعة .

---

(١) يلاحظ أن أجهزة الرصد فى نصف الكرة الجنوبى غير متوفرة توفرها فى النصف الشمالى . المترجم

وقد أظهر « شابلى » أنها تطمس ضوء المجرات البعيدة ، وما من شك فى أنها مكتظة بالتراب والغاز . أما سحابة مجلان الصغيرة فأشد شفافية من سحابة مجلان الكبيرة ، ومن ثمة فهى أقل ترابا ، والسدم اللامعة فيها أقل ، ولكنها زاخرة كذلك بالنجوم اللامعة .

وتشتهر سحب مجلان بما تحتويه من متغيرات قيفاوية فإن عدد مافيها من هذه المتغيرات يكون نسبة كبيرة من العدد الكلى للنجوم التى تحتويها ، وهذه النسبة أكبر مما تحتويه أذرع مجرتنا أو مجرة مسييه ٣١ .

وهذه المتغيرات القيفاوية لها خلود التاريخ ، فعن طريقها أمكن ، لأول مرة ، إكتشاف منحنى «الدورة واللمعان» وتطبيقه فى شتى البحوث الفلكية، وهذه العلاقة تعتبر فى الواقع المقياس الذى يمكننا من تقدير المسافة التى تفصلنا عن المجرات الشاسعة البعد ، والناحية الأخرى التى تسترعى النظر فى أمر سحب مجلان هذه هى أنها زاخرة بالعمالقة العليا الزرقاء — وهى نجوم شديدة الإسراف تبلغ فى العظم حدا يجعل العمالقة العليا فى مجرتنا لاتعد إلى جانبها شيئاً مذكورا . فالنجم العملاق فى كوكبة السمكة المذنبة مثلا — وهو واحد من ألمع هذه النجوم ويحتمل أن يكون نجما توأميا — يبلغ لمعانه قدر لمعان الشمس مليون مرة . وهناك آلاف من نجوم هذه السحب تعتبر عمالقة عليا حقيقة ، وفى وسعنا — بإستعمال الوسائل الحديثة المتاحة لنا — أن نجد فى سحب مجلان نجوما يبلغ لمعانها حوالى نصف لمعان الشعرى اليمانية .

وجميع النجوم التى ألمحنا إليها والتى تزخر بها سحب مجلان ، تابعة لنجوم الجمهرة الأولى ، فمن عمالقة عليا لامعة ساخنة إلى متغيرات قيفاوية ، إلى سدم ، إلى تراب — وكلها تبدو فى الواقع عينة خالصة من نجوم هذه الجمهرة لا تشوبها أية شائبة من نجوم الجمهرة الأخرى .

والمميز الوحيد لنجوم الجمهرة الثانية هو الحشود الكرية ونجوم

ر . ر . السلياق . فهل تعطى هذه السحب أى إمارة على وجودها ؟ ؟ ؟

إن السحابة الكبرى تحتوى على عدد من الحشود النجمية البديعة المتماسكة، وكثيرا منها يشبه الحشود الكرية فى مجرتنا ، ولمعانها الكلى يكاد يعادل لمعانها الكلى . وهناك ما يوحى بأنها تحتوى على نجوم الجمهرة الثانية ، ولكن هذا لا يزال محل شك .

وتدل البحوث التى قام بها أخيرا العلامة « ثاكارى » Thackeray فى مرصد رادكليف فى جنوب أفريقيا ، دلالة قاطعة على أن هذه الحشود ، وإن كانت تشبه الحشود الكرية ، فإن نجومها تتمتع بالخصائص العائلية المميزة للحشود المجرية ، فألمع النجوم فيها هى أشدها زرقة . فالنجوم المكونة لها من حيث اللون والأبعاد تابعة للجمهرة الأولى ، غير أن تماسك الحشود يوحى بأنها تابعة للجمهرة الثانية .

أما معلوماتنا عن نجوم ر. ر. السلياق فأكثر دقة . فنى وسعنا أن نجد فى كلتا السحابتين نجوما أخفت من النجوم التى على شاكلة ر.ر. السلياق ومع ذلك لم يكتشف نجم واحد من هـــذه الفصيلة من بين آلاف النجوم المتغيرة المعروفة .

فهناك عدد كبير من القيفاويات ، وفى وسعنا أن نرى نجوما كسوفية ومتغيرات حمراء ، ولكن ليس هناك أثر لنجوم ر. ر. السلياق .

أما النجوم الجديدة فهى هنا أيضا قلة نادرة ، وقد أكتشف منها عدد قليل جدا . وسبق أن رجحنا إنتماء هذه النجوم الجديدة إلى الجمهرة الثانية .

فى هذا العرض العام الذى شهدناه على مسرح الكون ، كانت المناظر التى طالعتنا محدودة جدا بطبيعة الحال — طالعتنا صورة المجرة ، وأزقة المرور النجمية التى يحتمل أن تكون أذرعا لولبية ، وطالعتنا صورة غمامة نجوم الجمهرة

الثانية التى تحيط وتتغلغل فى أجزاء المجرة . وطالعتنا صورة مجرة المرأة المسلسلة اللولبية التى لاتختلف من حيث منظرها العام عن المنظر الذى تبدو عليه مجرتنا لو أنها رصدت من الخارج — فقد شهدنا فيها الأذرع اللولبية للجمهرة الأولى مطمورة فى التراب ، ويسودها غمامة كرية أو شبه كرية محملة بنجوم الجمهرة الثانية والحشود الكرية .

كما رأينا فى توابع مجرة مسببة ٣١ الأقزام ، أى المجرات البيضية ،بمجموعات خالصة من نجوم الجمهرة الثانية لاتشوبها شائبة ، بهـــا نجوم تشبه نجوم الحشود الكرية .

كما إستعرضنـــا مجرات تحتوى على مجموعات خالصة من نجوم الجمهرة الأولى ، وهى المجرات التابعة لمجرتنا . . . . . . وهذه هى المجرات غير المنتظمة .

وتبين لنا من إحصاء المجرات أن هذه الأشكال التى تتخذها هى أشكال نموذجية . وهناك مجرات أخرى لها خصائص تتوسط خصائص هذين النوعين أو تشذ عنها . ودراستها تهيء لنا الهيكل العظمى الذى نستطيع على هديه أن نصف المجرات ونقسمها حسب أنواعها .

ويبدو أن الغالبية العظمى من المجرات من النوع الإهليلجى أو القزمى الخافت ، أما المجرات اللولبية فتأتى فى المرتبة الثانية من حيث العدد ، وأما المجرات الغير منتظمة فيبدو أنها أندر أنواع المجرات .

وكما يحدث فى التزاوج بين أفراد النجوم من إئتلاف بجوم مختلفة الأنواع بعضها مع بعض ، يحـــدث أن تأتلف أنواع متباينة من المجرات لتكون المجرات المركبة . . . . فنجد مجرات لولبية تأتلف مع مجرات إهليلجية ، ومجرات لولبية مع مجرات غير منتظمة ، كما نجد مزدوجا مجريا مكونا من لولبين ومزدوجا آخر مكونا من إهليلجيين . . . . .

وعدد الطرق التى يمكن ان تأتلف بها المجرات لتكوين المجرات المركبة لايكاد يكون له نهاية .

فهل تشير المجرات إلى مبدأ معين من التطور ؟ وهل من مقتضى هذا المبدأ أن تدرج نجوم المجرات فى تسلسل معين معقول ؟

سيكون الجواب على هذا موضوع فصل تال . . . . إن شاء الله .

الجزءُ الثالِثُ

الدرامـــــــــا

الفصل السادس

أعمـــار الأشياء

ها نحن أولاء قد تهيأنا لشهود قصة الكون وقد أوشكت أن تعيد نفسها من جديد على المسرح . . . لقد سبق أن إلتقينا بالممثلين : وهم النجـــوم ، والذرات والتراب . ومرت أمامنا مشاهد تحكى لنا ما بين أفراد الممثلين من علاقات ، فرأينا الروابط الحميمة بين أزواج النجوم ، وشهدنا العلاقات القوية بين العائلات النجمية — كبيرها وصغيرها . . . وإستعرضنا المنظر العـام للمسرح كله ، وشهدنا العلاقات المختلفة بين الممثلين .

وقبل أن نحاول إعادة بناء هذه المسرحية الكونية ، يجب أولا أن نعد المسرح . إننا فى حاجة الى أن نعرف كيف نشأت الشخصيات . . . وأن نبحث عن الأصل الذى بنى عليه هيكل القصة ... وكيف تأتى لهذه البداية أن تتطور حتى تصل بنا الى عقدة المسرحية ؟

إن سؤالنا عن « كيفية » إبتداء الأشياء فى ظهورها يتضمن مشكلة أخرى لا تقل خطرا وهى « متى » بدأت الأشياء . . . وما عمر الممثلين ؟ ومنذ متى بدءوا لأول مرة يتخذون أمكنتهم فى تلك المواقف التى تحدثنا عنها ؟

إن تفكيرنا فى الأعمار الكونية تندمج فيه فكرتان ترتبط كل منهما بالأخرى كل الإرتباط هما فكرة العمر بمعنى الزمن الذى إنقضى منـذ بدء وجود شىء ما ، وفكرة فرصة الحياة المقدرة لهـذا الشىء ، بمعنى المدة التى يحتمل أن يعيشها فى المستقبل . إن الفكرتين — كما هو واضح — مختلفتان كل الإختلاف ، ولكنهما مع ذلك مرتبطتان إرتباطا كبيرا .

فإذا كنا نتحدث عن مخلوقات من نوع ما ، كالمخلوقات البشرية مثلا ، فمن الواضح أنه كلما علا سن فرد قصرت المدة التى يتوقع أن يعيشها فى المستقبل ، والمدتان — العمر الذى عاشه المخلوق ، والمدة التى يقدر له أن يعيشهما فى المستقبل — يتكون من مجموعها متوسط عمر هذا المخلوق .

ولكن الإنسان الذى عمره يومان هو فى الواقع إنسان صغير ، أما البعوضة التى يبلغ عمرها يومين فلربما أعتبرت عجوزا جدا . ويمكن التعبير عن طول الحياة ، والعمر ، وعن الحياة المتوقعة لهذه المخلوقات الحية بالأيام أو الشهور أو الأعوام . ولكننا لا نستطيع أن نحكم ما إذا كان المخلوق الذى عمره يومان مسن أم صغير ، إلا اذا عرفنا نوع هذا المخلوق ، ومتوسط المدة التى إعتاد أمثاله أن يعيشوها . وفى وسعنا أن نتوسع فى تطبيق هذه الحقيقة فنطلقها على عالم الأكوان . فالذرة التى عمرها عشرة ملايين من السنين يمكن أن تعتبر ذرة حديثة السن ، ولكن عشرة ملايين الأعوام هذه قد تكون هى كل الحياة التى يقدر لنجم من النجوم أن يعيشها . وقد أمكن التوصل الى طريقة عامة لتحديد ما إستدبرته كل شخصية من شخصيات القصة من العمر وما يقدر لها أن تستقبله ، ومدى الحياة المقدر لكل منها أن تعيشه ، وهذه الطريقة تتوقف على تحديد الأسباب التى تعمل فى إحداث الشيخوخة ، وإيجاد وسيلة نستطيع بها أن نقيس السرعة التى تجرى بها عملية الشيخوخة .

وبعبارة أبسط : يتعين علينا أن نعين سرعة التفتت التى تنتاب جسما من الأجسام . وقد عرفنا فى الفصل الأول أن النجوم تستهلك مادتها تدريجيا ، وأن النجوم المزدوجة تبتعد عن بعضها البعض بتأثير الجذب العام للجهاز النجمى كله ، أى المجرة ، وأن الحشود النجمية تخضع لتأثير نفس هذه القوى التى تعمل على تغيير أوضاعها وتبديل حالتها ، كما تخضع لتأثير الحركات النسبية للمجرة التى تحتويها . . . فالواقع أن المجرات فى أثناء حركاتها التدويمية إنما تعمل على تمزيق مادتها .

عمر الذرات

ليس فى وسعنا أن نتصور الكون كما نعرفه دون أن تخطر لنا فكرة الذرات قبل كل شيء. وجميع النظريات المعتمدة عن تطور الكون تجعل نقطة البدء هى فكرة الذرات — الذرات كما نفهمها اليوم . ونتخيل أنها كانت موجودة بنفس النسب الموجودة بها الآن على وجه التقريب . ومن أعجب الحقائق التى عرفناها عن التركيب الكيماوى للأشياء ، هو أن ذرات العناصر المختلفة توجد بنسب ثابتة فى النجوم وفى مادة الفراغ النجمى التى لم تدخل فى تركيب النجوم فى يوم من الأيام (فهى لذلك لا تعتبر مواد نجمية) . . . وفى مواد الفراغ النجمى التى قذفت بها النجوم بعد أن أصابتها الشيخوخة وأشرفت على الطور الذى يدعى طور الإفلاس النجمى . . . وبعبارة أخرى أن النجوم قد تتغير تغيرا ملحوظا بينما التركيب الكيماوى للكون لم يتغير تغيرا يذكر .

وجميع النجوم تستهلك أيدروجينها وتحوله إلى هيليوم، وهى عملية يلوح أنها تسير فى إتجاه واحد سيرا مطردا حازما ، أى أن الأيدروجين يتحول إلى هيليوم دون أن يكون هناك مجال لعودة الهيليوم إلى التحول إلى أيدروجين.. ومع ذلك فالغالبية العظمى من الذرات الكونية لاتزال عبارة عن ذرات أيدروجين ففى وسعنا أن نحكم إذن بأن الذرات الكونية لاتزال حديثة السن، أى أن فرصة الحياة أمامها لاتزال مديدة .

فهل نستطيع أن نحسب عمر الذرات التى يعمر بها الكون،مقدرة بالسنين؟ نستطيع أن نصل إلى جواب إذا قدرنا السرعة التى تتحلل بها الذرات . فكما تتحلل الحشود النجمية والنجوم ، تتحلل بعض الذرات ، ويمكن بدقة حساب السرعة التى تجرى بها عملية التحلل .

ولست أقصد بعملية التحلل هنا،ما يتعرض له السحاب الخارجى المكون من الإلكترونات التى تتحكم فى الخواص الطبيعية والكيماوية للذرات ، وفى طبيعة الضوء الممتص والضوء المشع ، فليست هذه الإلكترونات سوى الثياب الخارجية للذرة .

ولكنى أقصد بعملية التحلل عملية أرسخ وأعمق ... فالنواة التى هى قلب الذرة ، تشيد من مواد أكثر إصالة — هى البروتونات ، والنيترونات . وخواص هذه العناصر الأساسية للمادة محيرة للغاية ، والقوى التى تؤلف بينها من نوع آخر يختلف إختلافا تاما من القوى التى توجد بين النجوم والكواكب . ومعظم النويات مستقرة إلى أقصى حدود الإستقرار . فهى قادرة على الصعود إلى حد بعيد دون أن يلحقها تغير .

ولكن هناك نويات أخرى ذات طبيعة قلقة ، فهى تنزع إلى التفتت فى الظروف العادية . فإذا حدث بطريقة ما أن أكتسبت إحدى الدقائق المكونة لنواة ما طاقة كافية للتغلب على جاذبية سائر الدقائق ، إنطلقت وضاعت — وفى هذه الحالة — تتعرض نواة الذرة للتفكك .

وتعرف هذه العملية اليوم بإسم النشاط الإشعاعى . ومعظم النويات الذرية الثقيلة تعانى عدم إستقرار من هذا النوع ، ولكن هذا التأثير ليس قاصرا على النويات الثقيلة فحسب . فلكل نوع من أنواع النويات قابلية محدودة للتفتت — ومعنى ذلك أن لها مدة حياة محدودة . فإذا روقب حشد من الذرات غير المستقرة من نوع ما فترة معينة ولتكن عاما مثلا) ، لوحظ أن نسبة معينة منها تتحطم . فإذا أعيدت هذه التجربة على حشد آخر فى نفس النوع ولنفس الفترة الزمنية ، لوحظ أن نسبة الذرات المتحطمة لا تتغير .

ويمكننا أن نزداد فهما لهذه العملية إذا ضربنا لها مثلا بما يجرى مع البشر .

فنى الوسع مثلا أن نتنبأ بدقة بعدد ضحايا السيارات فى يوم من أيام العطلة ، (إذ يخرج النـاس بسياراتهم للتنزه) ولـكننا نعجز طبعا عن تعيين أشخاص هؤلاء الضحايا . . . والتنبؤ بالـكوارث النووية خاضع لقاعدة تشبه التى أتبعت فى تقـدير ضحايا السيارات . فنسبة الذرات التى تتحطم فى فترة معينة من الزمن لنوع معين من الذرات غير المستقرة تظل أبدا ثابتة . . . ولـكى نحدد هـذه النسبة ، يتعين علينا أن نحصى « جثث » الذرات الصريعة . وهذا هو بالضبط ما يفعله علماء الطبيعة،وقد وجد أن بعض الذرات ، كذرات الـكربون العادى مثلا ، لها « مناعة » ضد الحوادث . . وهناك أنواع أخرى من العناصر يهلك نصف عدد ذراتها فى بعض ثانية . . . ويقاس مدى قابلية الذرات لهذا الضرب من الـكوارث النووية ، بالزمن الذى يلزم حتى يهلك نصف عدد النويات . وهو يسمى نصف العمر الذرى . وهذا الزمن — نصف العمر الذرى — يمدنا بفـكرة واضحة عن عمر الذرات التى تملأ الـكون . فمثلا ، إذا كان لذرات مادة ما « نصف عمر » قصـير ، فليس منتظرا أن نجد أحيـاء من نوعها فى الذرات الأولية .

وقد عرف هذا النوع من الذرات فى الأيام الأخيرة . . فليس البلوتنيوم والنبتيوم إلا مثلين لهـا ، وقد أستخدم هذان العنصران فى صناعة القنابل « الذرية » و ما كان إختيارهما الا لقابليتها الشديدة للتفتت ، مع ما يستتبع ذلك من آثار مهلـكة للإنسـان . . . ولـكن كان لابد من أن ننشىء هذه الذرات بأنفسنا إنشاء ، (وذلك بتعرض ذرات أخرى لظروف معينة لامجال للخوض فى تفصيلاتها) . . . أقول ، وكان على الإنسـان أن ينشىء هـذه الذرات إنشاء،إذا ليس لهاوجود فى الطبيعة . وهناك أنواع عديدة من البلوتينيوم . . . ويقدر « نصف عمر » أقل أنواعه « عرضـة للحوداث » بحوالى ٢٠ ألف سـنة ، ونحن نعلم أن ذرات البلوتينيوم يمـكن أن تنشأ إنشـاء ، فقد صنعناها فعـلا .

ويحتمل أن يكون الكون فى عصوره الأولى قد إحتوى على ذرات البلوتنيوم ، ولكن اليوم لم يبق منهن شىء فى عالم الذرات ، فلا مناص من أن نفترض أنهن قد هلكن جميعا .... ومعنى ذلك أن عمر عالم الذرات ينوف كثيرا على ٢٠ ألف سنة . . . أما أقل أنواع التيتونيوم تعرضا للكوارث فيقدر «نصف عمره» بعشرين مليون سنة . ولما كانت الطبيعة خلوا من عنصر التيتونيوم ، فنى وسعنا أن نستنبط أن الذرات التى تعمر الكون لها من العمر مايزيد كثيرا على عشرين مليون سنة . ولكن الكون يحتوى على اليورانيوم الطبيعى ، بكميات صغيرة . واليورانيوم بدوره يتفكك بسرعة معينة ثابتة .

وتتعرض نواته لعدة كوارث متعاقبة ، وتمر بسلسلة من التحول الذرى يتخذ فيه العنصر لنفسه عدة صور ، فيتحول إلى صور من الثوريوم ، ثم من البزموت ، ثم ينتهى إلى نواة ثابتة هى صورة من صور عنصر الرصاص . وذرات الرصاص هذه ماهى إلا « جثث » ذرات اليورانيوم الأصلية ، فإذا أحصيناها عدا أمكننا ان نحصل على « معيار » يمكننا من تقدير عدد ذرات اليورانيوم التى لقيت مصرعها .

وقد أمكن فعلا قياس مدى إستسلام اليورانيوم للأحداث . ومن عدد «الجثث» يسهل علينا أن نقدر الزمن الذى إستغرقه مرور هذه الحوادث ،وقد وجد أن هذا الزمن هو حوالى ٤٥٠٠ مليون سنة .

وهناك جثث أخرى تخلفت فى أثنـــاء عملية تفكك اليورانيوم ، هى الهيليوم . وبتقدير الهيليوم الناتج ، نصل إلى ٥٥٠٠ مليون سنة .

ويوجد فى الطبيعة نوعان من اليورانيوم ، وسرعة تفتت إحدهما تختلف عن سرعة تفتت الآخر . فأما أشدهما تعرضا للأحداث ، فهو كما لابد ان

نتوقع أقل شيوعا من الآخر فنسبة وجود الأول إلى الآخر تقل عن نسبة ١ إلى ١٠٠ .

وإذا عرفنا أنه عند بدء الخليقة كانت كميتا هذين النوعين متساويتين (وهو فرض معقول) ، أمكننا أن نحسب الزمن الذى مر حتى تضاءلت نسبة أقلهما حظا إلى أكثرهما حظا وصارت ١ ٪ وقد وجد أن هذه المدة حوالى ٦٠٠٠ مليون سنة . ومن الواضح أن هذه فترات زمنية هائلة ولكن التقديرات الثلاثة تؤدى جميعا إلى نفس النتيجة على وجه التقريب .

وهذه المعلومات التى نستمدها من الذرات غير المستقرة تضع لنا أفقا أو حدا أقصى لمقياس الزمن الكونى يقل عن ١٠٠٠٠ مليون سنة .

ومن عهد قريب كان علماء الفلك يتصورون عمر الكون أطول مما نقدره اليوم بحوالى ألف مرة . ولكن هناك إتجاها عاما ـ كما سنرى يسود الأذهان فى هذه الأيام ، وهو أن جميع البيانات الخاصة بأعمار النجوم والحشود النجمية يبدو أنها تنزع كلها إلى حصر عمر الكون فى «النطاق الأصغر» ، نطاق بضعة آلاف من ملايين السنين . وهو المدى الزمنى الصغير الذى إتخذه العلماء فى الجيل الماضى ، ولكنه يعتبر مدى طويلا معقولا بكل تأكيد ... وجميع المحافظين من علماء الفلك لا يعترفون إلا بشىء واحد . وهو أن عشرة آلاف مليون السنة الماضية لابد قد شهدت إنقلابات جسيمة فى الكون . ومحاولتنا التعرض لما حدث قبل هذا ، وإستعراض العوامل التى أدت إلى ميلاد الذرات نفسها ، هى فى الواقع محاولة محفوفة بالصعوبة والخطر .

ولكن هناك شيئاً واحداً لا مناص من التسليم به . وهو أن الظروف التى تلائم بناء نواة الذرة ، تختلف إختلافاً تاماً عن الظروف التى نشاهدها فى الفراغ النجمى أو على سطح النجوم ، بل إنها لتختلف عن جميع ما نفترض

حدوثه الآن فى داخل النجوم . وهذه هى إحدى المشكلات التى تجابه أنصار الفكرة القائلة بأن الذرات تتولد فى الكون بإستمرار . فإن الظروف اللازمة لتولد الذرات غير متوافرة . وهناك مذهبان لتفسير الطريقة التى تولدت بها الذرات .

فأما أحد المذهبين فيقول إن درجات الحرارة الخيالية — التى تتراوح بين مليون مليون درجة ، وبين مائة مليون مليون درجة — قد « طبخت » المكونات الأولى للذرات طبخا ، فحولتها إلى كتلة هبطت درجة حرارتها فيما بعد إلى درجات الحرارة « المتوسطة » التى تسود اليوم ، والتى لا تزيد على بضع عشرات من ملايين الدرجات ، ولكن . . . كيف نفسر ما نلاحظه عن نسب أنواع الذرات المختلفة ؟ . يبدو من الضرورى أن نفترض أن عملية « الطبخ » قد تمت على مرحلتين ... إذ ليس من الممكن أن يتكون ما نشاهده من نسب الذرات المتعددة الأنواع بتأثير درجة حرارة واحدة .

وهنا نكون قد إستعرضنا بإختصار المذهب الأول فى تفسير طريقة تكوين الذرات . أما أصحاب المذهب الآخر فيتصورون أن جميع مادة الكون كانت فى يوم من الأيام مركزة فى كتلة ضخمة نستطيع أن نسميها « الذرة العليا » ، وتحطمت هذه الذرة العليا وتفتت إرباً بتأثير الإنشطار النووى الذى نشهد اليوم صورة « مصغرة جـــداً منه » فيما نراه فى القنبلة الذرية .

هذا المذهب الذى يرى أن الكون كما نعرفه الآن يرجع تكوينه إلى إنفجارعات جبار يجد بعض التأييد فيما نلاحظه من أن المجرات التى تملأ كل المجال الذى يتناوله مدى رؤيتنا، تتمدد أو تتفجر مدبرة عنا فى جميع الإتجاهات. ولكن هذه الحقيقة المشاهدة يمكن أن تفسر بطريقة أخرى كما سنرى فيما بعد، ومعظمنا يشعر أننا يجب أن نحصر مجال البحث فى نطاق فكرتين إثنتين إذا شئنا أن نتجنب الشطط ونلتزم الجانب الأسلم ، تلك هما :

أولا — أن هناك ذرات .

ثانياً — أنه يحتمل أن تكون هذه الذرات أقدم من النجوم .

ويجب أن نلاحظ أن الجزء الذى تحول من الأيدروجين الموجود فى الكون إلى هيليوم لا يزال شطراً صغيراً منه حتى الآن . وفرصة الحياة المقبلة للنجوم مرتبطة تمام الإرتباط بالفرصة المقبلة لبقاء الأيدروجين فى هذه النجوم .

أما الذرات الثابتة الأخرى ، فلديها ، فى الواقع ، مستقبل غير محدد . وسيكون المصير النهائى للذرات هو أن تتحول إلى حشد من ذرات الهيليوم ، مع شوائب طفيفة من الذرات الأثقل . ولكن الوقت الذى يصل فيه العالم إلى هذه المرحلة لايزال بعيداً عن نطاق الأفق المحدود الذى يرسمه تصورنا المحدود للمستقبل .

عمر الارض

قبل أن نعالج تفحص الدلالات التى نستطيع منها أن نستنتج عمر النجوم والفرص المقبلة لحياتها ، فلنلق نظرة عارضة على الشواهد التى يمكن أن تدلنا على عمر ذلك الجزء الضئيل من الكون الذى يهمنا أكثر من غيره — ألا وهو الأرض التى عليها نعيش . وموضوع عمر الأرض يدخل فى نطاق علم الجيولوجيا . وجميع الطرق التى أتبعت لتقدير عمر الأرض تجمع على أن لها ماضيا طويلا . فقد عاشت الثدييات على الأرض مدة تقرب من حوالى ٥٠ مليون سنة ، أما الزواحف فيرجع تاريخها إلى مدة تقارب ضعف هذه المدة . وهناك شواهد تدل على وجود نوع من الحياة على وجه الأرض يرجع تاريخه إلى ٥٠٠ مليون سنة . وقد قدر عمر القشرة الأرضية بالوسائل الإشعاعية بحوالى ٣٠٠٠ مليون سنة ، ولعلنا نذكر لمجرد المقارنة — أن عمر الإنسان على سطح الأرض يعود إلى ١٠٠ ألف سنة أو نحوها ، ويعود عهد التاريخ المكتوب

إلى سبعة آلاف سنة . أما هذه الحضارة التى سلخت ألفى عام فلا شك أنها تسير سيرا موفقا وأنها أدت خيرا كثيرا . وهذا الرقم الذى يعبر عن عمر الأرض يكشف عن حقيقة تستلفت النظر ، فقد ثبت لنا من قبل أن عمر الذرات حوالى ٥٠٠٠ مليون سنة . وهاهى ذى العمليات التى أجريناها لتسنين أمنا الأرض تكشف عن أن لها عمرا يدانى هذا العمر . ومن شأن هذه الحقيقة أن تقوض أساس النظرية الكونية التى تخيلت أن الذرات أسبق فى الوجود ، تليها النجوم ، ثم الكواكب التى تولدت عن النجوم فبمقتضى هذه الحقيقة التى تعطى للأرض عمرا يعادل عمر الذرات لا يبدو أن هناك وقتا كافيا لحدوث هذا كله .

والآن ماذا نعرف عن عمر الشمس نفسها ؟

عمر الشمس

كان عمر الشمس من الموضوعات التى أثارت جدلا عنيفا فى السنوات الأخيرة من القرن التاسع عشر . ويكاد يكون من المؤكد أن كمية الضوء التى تتلقاها الأرض من الشمس لم تتغير كثيرا منذ بدأت الحياة على الأرض .

فلو هبطت كمية الضوء والحرارة التى ترسلها الشمس إلينا بمقدار ١٠ ٪ لغدت الأرض أبرد من أن تسمح بقيام الحياة ، ولو أن الكمية زادت بمقدار ١٠ ٪ لغلى الماء على سطح هذا الكوكب ، ولاستحالت الحياة عليها . ولكن إتصال وجود الحياة على الأرض . كما كشفت عنه « وثائق » الحفريات — لا يثبت لنا فقط أن الشمس كانت « هناك » طيلة هذه العصور والأحقاب ، ولكنه يثبت لنا أمرا آخر أحفل بالأهمية والدلالة ، وهو أن الشمس كانت فى جوهرها طيلة هذه العصور والأحقاب كما هى الآن وأنها ظلت على تلك الحالة الثابتة ما لا يقل عن ٥٠٠ مليون عام .

وهذه الفترة تعادل عشر مدى الأفق الزمنى الذى تكشفه لنا عمر الذرات.

وتقع الشمس قرب منتصف سلسلة التتابع الرئيسى ، فليس من المحتمل أن تكون قد تغيرت تغيراً سريعا أساسيا ، حتى قبل بدء هذه الفترة الأخيرة من الهدوء الشمسى ، ولم تعد الأرض — فى نظر العلماء — وليدة ثوران مدمر حل بالشمس بل لعل الأقرب إلى الإحتمال أن الشمس والأرض تولدتا نتيجة عملية واحدة . فلم تكن الأرض جزءا من الشمس ، بل لعل درجة حرارتها لم تكن فى يوم من الأيام درجة مفرطة فى الإرتفاع ، ولكنها تولدت مباشرة — عن مادة صلبة تكثفت فنشأت عنها الشمس والكواكب فى وقت واحد .

وأكبر الظن أن الشمس كما نعرفها — ليست أكبر سنا من الأرض ، بل لعل العكس هو الصحيح . .

أعمار النجوم

يرتبط موضوع أعمار النجوم إرتباطا وثيقا بموضوع « غذاء النجوم » . فالنجوم تتغذى على الطاقة الكاملة فى نوى ذراتها . . . وليس من المستطاع تصور مصدر آخر للطاقة الهائلة التى تشعها غير هذا المصدر . وقد شرحنا فى فصل سابق العمليتين اللتين تتغذى بهما النجوم ، وهما دورة الكربون ، وتفاعل « البروتون — البروتون »

وتفاصيل العمليتين مختلفة — ولكن السمات الرئيسية لهما واحدة . . . فنوى الأيدروجين هى غـــذاء النجوم ، وهى تتحول بأى الطريقين إلى نوى الهيليوم ، ولكن الخلاف بين العمليتين هو فى الطريقة التى تسلكها فى هذا التحول .

ولا يلمع النجم إلا إذا توافر فيه الأيدروجين ، وبقاؤه متوقف على الطريقة التى يتبعها فى إنفاق ماله منه من رصيد . والأغلبية الساحقة من ذرات

الكون هى ذرات أيدروجين وفى وسعنا أن نتصور أن هذه الحقيقة تسرى على تركيب النجوم فى مبدأ حياتها . ودعنا نفترض فرضا أن النجم قد إبتدأ حياته بنصف وزنه أيدروجينا . وهذا الفرض يتفق مع الحقيقة المعروفة من أن عنصر الأيدروجين أخف الذرات جميعا ، ويفسر ما نشاهده من كتلة النجم وحجمه .

ويكون العمر المقدر للنجم متناسبا طرديا مع كتلته الكلية ، وعكسيا مع السرعة التى يستهلك بها غذاءه من الأيدروجين .

ولسنا واثقين كل الثقة من أن النجم قادر على إستهلاك كل ما لديه من أيدروجين ، فأكبر الظن أن النجم لا يسمح له بأن يتغذى إلا على عشر رصيده من الأيدروجين ، وذلك راجع إلى أسباب معقدة ، تتعلق بالتفاصيل الغامضة الخاصة بتركيب النجم . فلنفترض إذن أن الجزء الذى يمكن للنجم أن يحوله من الأيدروجين إلى الهيليوم لتكوين ضوئه لا يتجاوز جزءاً من عشرين جزءاً من وزنه الكلى .

ففى وسعنا أن نحسب بالضبط كم من الضوء ينتج عن هذه العملية . . . إن الأيدروجين لا ينعدم ، ولكنه يتحول إلى مادة الهيليوم بالتحام أربع من ذراته ويلاحظ أن وزن ذرة الهيليوم أقل بقليل من ذرات الأيدروجين الأربع التى تحولت إليها ، فتقل عنها فى الواقع بمقدار ٠٫٧ ٪ ، وتتحول الكتلة الفائضة إلى طاقة طبقاً لقانون أينشتين المشهور (أنظر ص ٨) وتبدو أخيراً على هيئة ضوء نجمى . والواقع أن النجوم لا تلمع إلا بفضل تلك الخسارة الطفيفة فى كتلة الأيدروجين التى تصاحب إلتحام نوى ذراته الأربع .

وتسمح لنا معادلة أينشتين أن نحسب بالضبط كمية الضوء الناتج عن إستهلاك مقدار معين من الأيدروجين ، فإذا عرفنا اللمعان الكلى لنجم من النجوم ، لوسعنا أن نحدد بالضبط مقدار ذرات الأيدروجين التى تستهلكها .

ونستطيع فى جدول كالآتى (جدول رقم ١) أن نعرض صحيفة ميزانية النجوم . . . . . ومعظم النجوم التى فى وسعنا أن نعرض « موجوداتها » و « ديونها » هى نجوم مزدوجة ، لأنها الوحيدة التى نستطيع وزنها . . . فعلينا قبل كل شىء أن نحدد « موجودتها » أعنى كتلة النجم الكلية ، ومقدار ما يمكن أن يتحول من هذه الكتلة إلى غذاء ، (وقد ذكرنا من قبل أنه يساوى $\frac{1}{10}$ من الكتلة الكلية) والكتلة الكلية المكافئة للضوء المنبعث (وهى تعادل سبعة أجزاء من ألف جزء من الكتلة التى تتحول إلى غذاء) .

وعلى الجانب الأيسر من الصحيفة نسجل ديون النجم أو « خصوماته » أى المعادل الكتلى للضوء الذى تطلقه فى الثانية . وبعملية قسمة بسيطة نستطيع أن نقدر طول الزمن الذى ينتظر للنجم أن يستمر فيه على هذه الوتيرة وبهذه السرعة فى إطلاق رصيده .

ويجب أن نؤكد أن الأرقام الموجودة فى الجدول تبدو فى مظهر من الدقة خادع . فقد أدخلنا فى حساباتنا كثيرا من الفروض المحتملة .

فلنفرض — مثلا — أن باطن النجم دائب الحركة (ربما لأنه من النجوم المدومة) فقد يلجأ النجم فى هذه الحالة إلى صرف جميع الأيدروجين المتاح له ، ولا يقتصر على العشر فقط ، فمثل هذا النجم مقرر له أن يعيش عشرة أضعاف المدى المبين بالجدول ، وكذلك النجم الذى يبدأ حياته بكمية من الأيدروجين تزيد عن نصف وزنه تكون فرصته فى الحياة أكبر .

فصحيفة النجم لا يمكن أن تكتب إلا بطريقة تقريبية . فالأرقام الموجودة فى العمودين الأخيرين فى الصحيفة يمكن أن تزداد بمقدار عشرة أمثالها أو تنقص بحوالى عشر مقدارها . والوحدات المبينة للدلالة على « موجودات » النجوم و « خصوماتها » هى بالضرورة وحدات هائلة .

فالوحدة المستعملة فى تقدير كتلة النجوم وإشعاعها المتاحة هى مليون مليون مليون طن « أى ١٠^٢٤ جرام»

أما الوحدة المستخدمة فى تقدير المنصرف من الضوء فقدرة بملايين الأطنان فى الثانية . والوحدات التى إخترناها لبيان طول الحياة التى يقدر للنجم أن يحياها فى المستقبل . هى ١ بليون سنة « ١٠^٩ سنة » .

جدول رقم ١
حساب عملية النجوم

اسم النجم	الكتلة (الوحدة = ١٠^٢٤ طن)*	ما يمكن ان يشعه النجم بدلالة الكتلة (الوحدة ١٠^٢٤)*	معدل الإشعاع فى الثانية (الوحدة ١٠^٦ طن)*	العمر المقدر	
				١٠^٩ سنة	بالنسبة إلى الشمس
نجوم التابع الرئيسى					
كروجر ٦٠ أ**	٥٣٥	٠٫١٩	٠٫٠٢	٣٩٨	٧٦
كروجر ٦٠ ب	٣٥٧	٠٫١٢	٠٫٠٠٠٦	٦٥٨	١٢٥
م الجاثى أ	(١٩٨٣)	٠٫٦٩	١٣٫٧	١٫٦	٠٫٣
م الجاثى ب	٩٩٠	٠٫٣٥	٠٫١٢	٩٫١	١٫٧
م الجاثى ج	٧٩٥	٠٫٢٨	٠٫٠٨	١١٫١	٢١
ه ذات الكرسى أ	١٥٩٠	٠٫٥٦	٣٫٨٢	٤٫٦	٠٫٩
ه ذات الكرسى ب	١١٩٠	٠٫٤٢	٠٫١٤	٩٧	١٨٫٥

(*) أستعملت هنا الأطنان المترية . الطن المترى = ٢٢٠٥ رطل . الكتل الموضوعة بين قوسين مستنبطة من تقديرات أساسها القانون الذى يربط بين الكتلة واللمعان .

(**) فى المجموعات المزدوجة أو المجموعات المتعددة نميز مركبات المجموعة بالحروف أ، ب ، الخ ...

إسم النجم	الكتلة (الوحدة = ١٠^٢٤ طن)	ما يمكن أن يشعه النجم بدلالة الكتلة (الوحدة ١٠^٢٤ ٢٤ طن)*	معدل الإشعاع فى الثانية (الوحدة ١٠^٦ طن)*	العمر المقدر	
				١٠^٩ سنة	بالنسبة إلى الشمس
٧٠ الحواء أ	١٧٨٠	٠,٦٢	٢,١١	٩,٣	١,٨
٧٠ الحواء ب	١٥٩٠	٠,٥٦	٠,٩٣	١٩,٠	٣,٦
رحل قنطورس أ	٢١٨٠	٠,٧٦	٥,٠٦	٤,٨	٠,٩
زحل قنطورس ب	١٨٧٠	٠,٦٥	٢,٩١	٧,١	١,٣
الضباع أ	٢١٨٠	٠,٧٦	٢٠,٢٠	١,٢	٠,٢
الضباع ب	٩٩٠	٠,٣٥	٠,٨٤	١٢,٧	٢,٤
شمسنا	١٩٨٣	٠,٦٩	٤,٢١	٥,٢٥	١,٠
س الاكليل الشمالى ا	٣٣٧٠	١,١٨	٨,٠٢	٤,٦	٠,٩
س الاكليل الشمالى ب	١٥٩٠	٠,٥٦	٣,٥٠	٥,٠	١,٠
الشعرى الشامية	٢١٨٠	٠,٧٦	٢٣,٦	١,٠	٠,٢
الشعرى اليمانية	٤٨٥٠	١,٧٠	٢١٦	٠,٢٤	٠,٠٤
النجوم العمالقة					
العيون أ	٨٣٥٠	٣,٠٢	٥٥٥٠	٠,٠٢	٠,٠٠٣
العيون ب	٦٥٥٠	٢,٢٩	٣٥٩٠	٠,٠٢	٠,٠٠٣
السماك الرامح	٢٣٨٠٠	٨,٣٣	٥٣٠٠	٠,٠٥	٠,٠١
الدبران	(٧٩٥٠)	٢,٧٨	١٤٠٠٠	٠,٠٠٦	٠,٠٠١
الفرع الأول	(١٧٨٠٠)	٦,٢٣	٣٠٦٠٠	٠,٠٠٦	٠,٠٠١
نجوم العمالقة العليا					
إبط الجوزاء	(٢٩٨٠٠)	١٠,٤٣	٤٠٢٠٠	٠,٠٠٨	٠,٠٠٢
قلب العقرب	(٥٩٦٠٠)	٢٠,٨٦	١١٢٠٠٠	٠,٠٠٦	٠,٠٠١
راعى الجوزاء	(٦٥٠٠٠)	٢٢,٧٥	٨٦٠٠٠	٠,٠٠٨	٠,٠٠٢
و . ى . الكلب	٧١٥٠٠	٢٥,٠٣	٢٦٧٠٠٠٠٠	٠,٠٠٠٠٣	٠,٠٠٠٠٠٦

والأرقام الدالة على كتل النجوم إذا وضعت بين قوسين فهذا دليل على أنها أرقام مبنية على إفتراض أن النجوم خاضعة لقانون الكتلة واللمعان . ولكن هذا القانون لا ينطبق فى الواقع على جميع النجوم . فهناك مجموعة من النجوم فائقة اللمعان ، أى أنها أشد لمعانا مما يوحى به « القانون » ، وأعنى بها تلك المجموعة الكبيرة العدد الفائقة الأهمية ، مجموعة العمالقة السفلى . . . وهى أشد إسرافا من نجوم التتابع الرئيسى التى تساويها كتلة ، والمدى المقدر لحياتها — بالتالى — أقصر .

ولم تقدر كتلة السماك الرامح بطريقة مباشرة ، لأن هذا النجم ليس نجما مزدوجا له مدار معروف وقد أستنبطت كتلته من دراسة خصائصه الطيفية .

ويبدو أن كتلة السماك الرامح تفوق ما كان يقدر لنجم فى مثل درجته من اللمعان . ومن ثمت فهو يشع ضوءا أقل مما يتوقع لنجم فى مثل كتلته .

وأكبر الظن أن شذوذ هذا النجم شذوذ حقيقى ، وإن له لدلالة كبيرة ، فهذا النجم أحد النجوم القليلة ذات السرعة الفائقة التى توجد قريبا منا ، ومن ثمت كان من السهل دراسته دراسة تفصيلية .

وأكبر الظن أن نجوم الجمهرة الثانية — بوجه عام — تتميز بأن إشعاعها يجرى على قدر وحذر ، وأن إفتقارها الذى أشتهرت به إلى النجوم العمالقة العليا الفائقة اللمعان يمكن أن يكون مرده إلى تلك الظاهرة .

وقل أن تجد بين نجوم الجمهرة الثانية نجوما قد عرفت كتلتها ، لأن النجوم المثانى وإن لم تكن منعدمة فى نجوم هذه الجمهرة — فهى أندر منها فى الجمهرة الاولى . وعلى الرغم من أننا لم نتوصل إلى تقدير الحياة المقبلة للنجوم على وجه الدقة فإن الجدول على أى حال يجرى على نسق رئيسى محدد . فالشمس ، ومعظم نجوم التتابع الرئيسى ، يقدر لهـــا أن تعيش مدة تقرب من — أو تتجاوز — ٥٠٠٠ مليون سنة وهى مدى الأفق الزمنى الذى يتحدد بعمر

الذرات وكشفت عنه عمر العناصر . ولكن ما نكاد نبلغ فى سلسلة التتابع الرئيسى إلى الشعرى اليمانية ، حتى نجد أن الحياة المقبلة للنجوم قد تضاءلت الى ١٠٠٠ مليون سنة .

وللنجوم العمالقة شأن آخر يختلف عما ذكرنا كل الإختلاف ، فأعمارها متباينة فالنجم العيون يقدر له أن يعيش ٢٠ مليون عام ، بينما نجم منكب الفرس لن يكتب لها أكثر من ٦ ملايين عام .

أما ألمع عملاق جبار فى الجدول ، وأعنى به المزدوج الكسوفى العظيم ، الذى يدعى و . ى . الكلب فقد أسفر فحصه عن نتيجة مذهلة . فلن يقدر لهذا النجم — وأسفاه — أن يعيش أكثر من ثلثمائة ألف عام . . .

بل إن ألمع نجم عرف حتى الآن وهو عملاق السمكة المذهبة فى سحابة مجلان الكبرى ستكون نهايته أسرع من هذه النهاية

والنتائج التى يتضمنها هذا الجدول نتائج محيرة ، ولكن من الصعب تكذيبها أو تفنيدها . فهذه النتائج تقرر أن المدة التى إستغرقتها الحياة على سطح الأرض أطول من الحياة الممكنة لمعظم النجوم اللامعة . . . فلو أن النجم راعى الجوزاء كان لامعا فى الوقت الذى كانت تتكون فيه مناجم الأرض الفحمية ، أى منذ ٢٠٠ مليون سنة ، إذن لكان قد إنتهى الآن من إستنفاد كل رصيده من الأيدروجين .

فليس أمامنا إلا أن نفترض أن ظهوره قد صاحب بدء دبيب الحيوان على الأرض . ولو أن عملاق السمكة المذهبة كان موجودا منذ نصف مليون سنة ، لكان اليوم قد بلغ نهايته — أو على الأقل — لأصبح شيئا آخر غير هذا النجم الضخم الذى نراه الآن . وإذن لا مناص من أن نستنبط أن راعى الجوزاء وعملاق السمكة المذهبة هما نجمان لم يتعديا مرحلة الطفولة ، إذا قورنا بالأرض الشيخة العجوز . . . على أن المدة التى يتوقع أن تعيشها الشمس فى

المستقبل لا يمكن أن تقل كثيرا عن عشرة أضعاف مده الأفق الزمنى الذى تحدده الذرات . فنى وسعنا أن نستنبط أن طاقة الشمس لم تنفذ بعد . وإنه لا يزال بينها وبين النفاذ بون شاسع . وأكبر الظن أن فى وسعنا أن نطمئن إلى شمسنا وأن نعتمد عليها أجيالا متطاولة من الزمان ، أما بقاؤها طيلة حياتها دون أن يلحقها تغير فمسألة أخرى . وتدل الحسابات الزمنية الدقيقة التى قام بها ليدوكس Ledoux على أن الشمس قد إستهلكت حتى الآن نصف رصيدها من الأيدروجين ،ومن الجدول نستطيع أن نستدل على المدة الكلية التى ينتظر أن تعيشها النجوم على مختلف أنواعها . وتتوقف مدة الحياة المقبلة لنجم من النجوم على المدة التى مرت عليه فعلا منذ بدأ يتألق ، فإذا كان المدى الكلى لحياة النجم يزيد عن ٥٠٠٠ مليون سنة ، فليس فى وسعنا أن نعرف الفترة التى سلخها فعلا من حياته .

ولكن هناك طريقة يمكن بها تقدير هذه الفترة ، وإن تكن طريقة محفوفة بالمزالق والعثرات، فإذا إستطعنا أن نقدر نسبة الأيدروجين الذى إستهلكه النجم ، أمكننا أن نحدس طول المدة التى سلخها من حياته، وعملية إحصاء ذرات الأيدروجين فى جو النجوم لا توصلنا دائما إلى نتائج يطمئن المرء إليها ، ولكن هناك ما يشير إلى أن رصيد نجوم الجمهرة الثانية من الأيدروجين أقل من رصيد الجمهرة الأولى إذا إتحدت درجة اللمعان فى الحالتين .

وإذا شئنا أن نؤول هذه الظاهرة التأويل الصحيح ، فمعناها أن نجوم الجمهرة الثانية قد سلخت من حياتها مدة أطول — أى أنها أكبر سنا من نجوم الجمهرة الأولى التى تشبهها شبها ظاهريا. وما نقصده بعمر الأشياء يبدو واضحا جدا من محتويات الجدول .

فإن عددا من السنوات يمر على نجم مثل راعى الجوزاء فينقله من طور الشباب إلى طور الشيخوخة ، ومن النشاط المسرف إلى الخمود والإفلاس . . . . هذا العدد من السنين نفسه — يمر على الشمس فلا يكاد

يحدث بها تأثيرا يذكر ، وكأن العمر لم يتقدم بها ولا مرت بها سنوات وقد وجدنا هذا الإختلاف نفسه فى عالم الذرات... فإن الفترة التى تكفى «لإهلاك» مجموعة من ذرات التيتونيوم ، تمر على مجموعة من ذرات اليورانيوم فلا تحدث فيها إلا تأثيرا طفيفا ، وتمر على مجموعة عادية من الكربون مثلا فلا تحدث فيها تأثيرا على الإطلاق .

وسنرى نفس هذه الظاهرة تنطبق — أيضا — على الحشود النجمية والمجرات ، فعملية التقدم فى العمر لايمكن أن تقاس « بالسنوات » وحدها . وهنا يجب أن نتنبه جيدا إلى فرض أساسى أتخذ كقاعدة مسلم بها فى حساب الحياة المقدرة للنجوم ، فالأرقام المعطاة فى الجدول مبنيه على فرض أن النجوم تبعث إشعاعاتها الآن بنفس المعدل التى كانت تبعث به إشعاعاتها فيما مضى .

وبعبارة أخرى ، يعنى هذا الفرض ـ ضمنيا ـ أن أى نجم ذى كتلة ثابتة لابد أن له ـ دواما ـ لمعانا معينا ـ وهذه النتيجة مستمدة من قانون إرتباط الكتلة باللمعان .

بل أنه حتى إذا فرضنا أن النجم كله مصنوع من أيدروجين ، وأنه قد حول هذا الأيدروجين كله إلى هيليوم ، فإن الخسارة فى الكتلة لن تتعدى ٠٠٧, من الكتلة الكلية ، وهى كمية يمكن إهمالها .

وعلى ذلك فإذا كان التغير الذى يحدث فى كتلة النجم قاصراً على ما يفقده عن طريق الإشعاع ، فمعنى ذلك أن كتلة النجوم لاتتغير طول حياتها تغيراً أساسيا ، وإذن ، فإذا صح أن القانون الذى يربط الكتلة باللمعان يسرى طيلة فترة حياة النجم ، كان فرضنا قائما على أساس سليم .

ومع ذلك — فإن هناك نجوما تتمرد على قانون الكتلة واللمعان تمرداً

واضحا ،وقد أوضح ستروف Struve أن النجوم المكونة للكسوفيات — وعلى الأخص نجوم « الغول » — هى أشد النجوم تمردا على هذا القانون .

فالرفيق الأخفت الأكبر ، فى هـذه النجوم شديد اللمعان إلى درجة تفوق المستوى العادي ، وقد أوضح ستروف كذلك أن هـذه الظاهرة تنطبق على أحد مكونى المزدوجات التوأمية القزمية وإن كان على نطاق ضيق وهـذه المزدوجات توأمية من حيث اللمعان لا من حيث الكتلة . .

والنجمان المكونان لها قريبان أحدهما من الآخر قربا وثيقا ، ويتمان دورتهما فى وقت قصير ، ويظهران مشوهين بفعل المد ... وتسمى هـذه المزدوجات النجمية بنجوم « الدب الأكبر

وبالمثل كذلك لاحظنا من قبل أن لمعان نجوم الجمهرة الثانية قد يكون تحت مستوى اللمعان الذى يعطيه قانون الكتلة واللمعان

وإذا طبقنا قانون علاقة الكتلة باللمعان على أعمار النجوم التى لمعانها فوق المستوى لخرجنا بأعمار أطول مما يقدر لها أن تعيشه فى الواقع . أما النجوم التى تحت مستوى اللمعان فنى وسعها أن تطيل حياتها . وسنعالج بعض نتائج هذه الإحتمالات فى الفصل الأخير إن شاء الله .

وأقل النجوم لمعانا على الإطلاق هى الأقزام البيض ، التى تشع كمية من الضوء أقل من مائة مرة — أو ربما الف مرة — من كمية الضوء التى كنا نتوقع أن تشعها تبعا لقانون الكتلة واللمعان .

وقد رأينا من قبل أن هذه النجوم الخامدة المفلسة قد إستنفذت فى الواقع كل رأس مالها الأيدروجينى فهل لنا أن نستنبط أنها نجوم معمرة قد بلغت من الكبر عتيا ؟

وإذا كان عهد الشمس يعود إلى المدى الزمنى الذى عينته الذرات، فماذا عن رفيق الشعرى اليمانية — الجرو — الذى لا تقل كتلته عن كتلة الشمس؟ أتراه أكبر من الشمس سنا بكثير ؟ . . فكيف تأتى له أن يقترن بنجم لايزال يعد بالنسبة اليه حدثا فتيا؟

سنعالج هـذا السؤال فى الفصل الأخير ، وإن كنا لانقطع بأننا سنجيب عنه إجابة شافية .

أعمار النجوم المزدوجة

درسنا فى الباب الثالث موضوع النجوم المزدوجة — تلك التوائم النجمية التى ولدت معاً وعاشت حياتها معا .. وقلنا أن الإرتباطات النجمية متينة لا إنفصام لهـا ، ولكن مرور الزمن يفعل فعله فى التخفيف شيئا ما من قوة ما بين التوأمين من رباط ، وفك ما بينهما من وثاق ، وذلك بتأثير جاذبية النجوم الأخرى . وقد بات فى الإمكان حساب المعدل الذى تجرى عليه القوى الخارجية فى توسيع الشقة بين النجوم المترابطة . وقد بين أمبارتسوميان أنه يلزم — فى المتوسط — حوالى ١٠٫٠٠٠ مليون سنة لإبعاد زوج من النجوم أحدهما عن الآخر إلى مسافة تساوى المسافة بين الأرض والشمس ١٠ آلاف مرة .

والبعد بين الزوجين فى كثير من المثانى المرئية يقرب من هـذه المسافة . وقد رأينا من قبل أن الأغلبية العظمى من النجوم - أو مايزيد على نصفها - هى أعضاء فى مجموعات ثنائية . والذى نستطيع أن نستنبطه هو أن التأثير الذى يعمل على توسيع الشقة بين النجوم المتآلفة كان يقوم بدوره منذ مدة لاتزيد على ١٠٫٠٠٠ مليون سنة . وينبغى أن نلاحظ بعين التأمل أن هذه المـــدة تقرب من العمر الحالى للذرات الذى إستنتجناه من عدد الذرات الصريعة .

أعمار الحشود النجمية

ليست الحشود النجمية مجرد نماذج لعائلات نجمية هائلة مكونة على النسق المعقد الذى تتكون منه عائلة النجوم . فهى — بدورها — يمكن أن تكشف لنا عن حقيقة أعمارها إذا درسنا سرعة تحطمها و تفتتها إلى نجوم مفردة .

فالقوة الناشئة عن جذب المجموعة النجمية كلها تنزع إلى إبعاد النجوم عن الحشد ، بينما ينزع جذب أفراد الحشد بعضها لبعض إلى إبقائها داخل الحشد . ولسنا فى حاجة إلى أن ندخل فى تفصيلات علمية لكى نؤكد أنه كلما كانت الحشود النجمية أثقل وأكثف ، إزدادت تماسكا وتوثقاً ، وعلى العكس من ذلك الحشود المفككة التى لاتحوى إلا نجوما قليلة . فالحشد الذى يوجد فى كوكبة الدب الكبير ، الذى يحتوى على معظم نجوم الكوكبة ، ليس من الكثافة أو الثقل بحيث يمكن أن يتماسك تماسكا تاما . فهو ينهار ويتفكك أمام أعيننا . وأكبر الظن أن فترة الحياة الباقية له هى حوالى ٢٠٠ مليون سنة . أما حشد الثريا فهو أكثف وأكبر كتلة ، ووزنه يعادل وزن الشمس ٤٠٠ مرة تقريبا ، وتبلغ حياته من البداية إلى النهاية — كما بين بوك Bok — حوالى ٣٠٠٠ مليون سنة ، أى أنه لايبعد عن الأفق الزمنى السابق الذى تعينه الذرات ، ومن المحتمل أن تنتهى حياته بإنهياره وتراكم أجزائه بعضها فوق بعض ، لا بتفتته .

وليس فى وسعنا أن نفترض أن هذه الحشود أقدم من الذرات ، ولكن الأقرب إلى الإحتمال أنها أحدث سنا بل أحدث كثيراً .

إن الحشد المفكك القليل الكتلة الذى أوشكت أجزاؤه أن تتفكك ، يكون فى الغالب أكبر سنا من حشد آخر مازال متماسك الأجزاء ، ولو تساوى عدد النجوم المكونة للحشد فى الحالتين .

ومما يسترعى الملاحظة أن الحشود المجرية كلما إزدادت تفككا كان عدد

النجوم البراقة والنجوم الحارة فيها على وجه العموم — أقل مما لو كان الحال هو العكس. كذلك يلاحظ أن النجوم المزدوجة التى تكون الرابطة بين أفرادها محكمة وثيقة — تلك التى نراها على حالة مثان مطيافية تتضمن كل أنواع النجوم اللامعة ذات درجات الحرارة العالية (كما تشمل أيضا عددا كبيرا من نجوم أبرد وأخفت) . أما النجوم المزدوجة التى لا يكون التماسك بين أفرادها قويا والتى نراها كمزدوجات مرئية ، فلا يمكن أن تنتمى إلى النجوم الشديدة الحرارة .

وها نحن أولاء نلمح أول خيط من خيوط التطور : فكلما إشتد تماسك الحشود النجمية والنجوم المزدوجة كانت عملية التباعد بين أفرادها أقل أثرا ومن ثمة فالمحتمل أن تكون أحدث من غيرها تكونا ، وأن تحتوى من النجوم ألمعها وأسخنها .

وسنرى فى الفصل الأخير النتيجة التى تتضمنها هذه الحقيقة ، وسنرى أن فى وسعنا أن نستنبط أن هذه النجوم هى أحدث أنواع النجوم إطلاقا ، وأن المرتبطات النجمية التى ذكرناها فى الفصل الرابع — إن كان أفرادها يكونون مجموعات طبيعية حقا — لا يمكن أن يزيد سنها عن بضعة ملايين من السنين . وتتحرك الحشود الكرية فى ممرات تميل ميلا شديداً على الطريق اللبنى . وهى أشد إحتشاداً وأكبر كتلة من الحشود المجرية ، وتكاد تكون فى مأمن من خطر التفكك الذى يمكن أن يصيبها بتأثير جذب المجرة وهى من الكبر بحيث تؤثر الجاذبية المتبادلة بين أفرادها عليها وتعصمها من التفكك إلى ماشاء الله . وهى غير واقعة تحت تأثير أية قوة خارجية ؛ كتلك التى تعمل عملها الحاسم فى تفكيك الحشود المجرية . إنها فى مأمن من تأثيرات الحركة الدورانية النسبية التى تعمل عملها فى توهين الإرتباط بين الحشود النجمية وتوسيع الشقة بين أفرادها ؛ تلك الحركة التى نجدها فى الطبقة الرقيقة التى تسبح فيها الحشود المجرية داخل الغمامة المركزية المحملة بالتراب والذرات .

فليس ثمة خطر من تأثير هذه الحركات الدورانية النسبية — التى توجد فى طريق الحشود المجرية على تلك الحشود الكرية وتلك حالها من شدة التماسك ووفرة عدد النجوم المكونة لها . وان المتوقع للحشود الكرية أن يكون أمامها حياة مديدة ، ولا يبعد مع ذلك أن تكون قد خلفت وراءها عمرا مديدا .

أعمار المجرات

والآن ، ماذا يمكن أن نعرف عن أعمار المجرات نفسها ؟

أما المجرات الإهليلجية ، فليست إلا صورة مكبرة من الحشود الكرية ، فالمستقبل الذى ينتظرها لا يختلف عن مستقبل هذه الحشود ، وربما كان تاريخها مشابها لتاريخها أيضا . أما الشطر المقبل من حياتها ، فلا يكاد يكون له نهاية ، وأما الشطر الذى إنقضى منها ، فربما كان فى غاية الضخامة كذلك .

ولكن المجرات اللولبية لها شأن آخر . فهى دائبة التدويم ، ولكن حركاتها التدويمية غير منتظمة ؛ فالحركة عند المركز بطيئة ، وتزداد سرعتها كلما إبتعدنا عنه ، حتى إذا مابلغنا المناطق الخارجية القصية عادت الحركة أشد بطئا ، وبعبارة أخرى ، فهذه المجرات لا تتحرك حركة العجلات . ولكن إذا قدر لها أن تحتفظ بالشكل الذى هى عليه الآن ، فلابد من أن تتخذ حركتها شكل حركة العجلات ، وإن أى تغيير فى سرعة الدوران الزاوية حول محور العجلة لابد أن يفسد العجلة .

وقد عرفنا أن هناك إختلافا فى حركات المجرات التدويمية ، حول محاورها ، فلا مناص — إذن — من أن تتغير أشكالها وأوضاع أذرعها الحلزونية بين الحين والحين ، متخذة لها فى كل مرة صورة جديدة . وفى وسعنا أن نقدر مايمكن أن تصير اليه مجرة بدأت حياتها ولها أذرع لولبية تشبه أذرع مجرة

مسييه ٣٣ ، فبعد مرور بضعة آلاف من ملايين السنين ستلتف اذرعها حول بعضها البعض ، إلتفافا محكما ، حتى لتصبح فى شكل كرة مصنوعة من حبال القنب .

ولكننا لم نشاهد مجرات وصلت أذرعها إلى هذه الدرجة من الإلتفات المحكم . فمعظم الأذرع التى نشهدها لم تقطع أكثر من دورتين كاملتين ، أو دورة كاملة ، وكثير منها لم يكمل دورة واحدة بعد . فلا مناص إذن من أن نخرج بهذه النتيجة ، وهى أن هذه الأذرع التى نراها اليوم لايمكن أن تكون أذرعا معمرة ، فإن مدة تتراوح بين عشرة ملايين ومائة مليون سنة تكفى لازالتها نهائيا من الوجود .

هل من حقنا اذن أن نستنبط أن المجرات أحدث سنا من نجوم كالشمس التى لايمكن أن يقل عمرها اليوم عن آلاف من ملايين السنين ؟ ؟ ... هنا ... ونكون قد وضعنا أصبعنا على قلب المشكلة . لابد أن تكون الأذرع اللولبية — وهى أظهر سمات المجرات — حديثة السن ... وعلينا أن نلاحظ أن عمر هذه الأذرع يكاد يساوى عمر النجوم النازفات الشديدة الإسراف .... ولكن هذه النازفات هى التى تكشف الأذرع اللولبية : — فالنجوم الساخنة اللامعة ، والحشود النجمية ، والسدم التى تثيرها المتغيرات القيفاوية — كلها تظهر لنا الأذرع اللولبية .

... وها هى ذى الأذرع اللولبية تبدو لنا كتركيبات مضمحلة ، تميزها مجموعات من النجوم الحديثة تقع داخل طبقة التراب والغاز ، وأعمارها تنحصر بين عشر وجزء من مائة من مدى الأفق الزمنى التى تعينه لنا الذرات . ولكن الأذرع اللولبية — كما رأينا فى الفصل السابق — ليست سوى جزء صغير من المجرات تظهره لنا . فتحتوى هذه الأذرع على ما يتراوح بين ١ ٪ ، ١٠ ٪ من نجوم المجرة كلها ومن المحتمل أن تكون النسبة بين كتلتيهما حوالى ١ ٪ كذلك

ونلاحظ هنا أن النسبة ١ ٪ قد بدأت تظهر لنا في عدد نجوم ومقدار كتلة الأذرع اللولبية كما ظهرت لنا في أعمارها .

و مالاحظناه من قبل فى النجوم ينطبق على المجرات ، فليست أشدها تألقا هي بالضرورة أكثرها أهمية ، فالخافتات من النجوم أكبر عددا من المتألقات اللاتى يأخذن العين ببريقهن ، كذلك شأن المجرات . . . فالخافتات منهن يفقن المتألقات عددا ، وتظهر الأذرع اللولبية متطفلة أمام أعيننا ولكنها ليست إلا جزءا صغيرا من مكونات « الكعكة » إذا أنها لا تدخل إلا فى تركيب الأجزاء الضئيلة النادرة من حشو الكعكة المركزى.أما النجوم المحيطة بضباب ذلك الحشد فأكبر الظن أنها معمرة .

والآن ماذا عن تلك المجرات الغير منتظمة الشكل — من مثيلات مجرات سحب مجلان ؟ . . . . سأعرض لهذا النوع من المجرات إن شاء الله فى الفصل التالى ، الذى سنعالج فيه موضوع تطور المجرات . ونلاحظ أن هذه المجرات لا تحتوى إلا النادر من التركيبات اللولبية ولعلها خالية تماما منها ، ويبدو كأن كل نجومها — أو جلها — من النجوم المسرفات

والذى أراه أن هذا النوع من المجرات حديث التكوين ، لا يتجاوز عمرها عمر أذرع المجرات اللولبية . على أنه يلوح أن السحابة الكبرى تحتوى على آثار باقية من أذرع لولبية ، أما السحابة الصغرى فهى خلو تماما منها . . . ترى أيكون السبب هو أنها لم تجد الوقت الكافى لتكوين هذه التركيبات اللولبية ؟ أم أن طبيعتها لا تسمح بنشوء مثل هذه التركيبات ؟ . . .

وأيا كان السبب ، فإن الشيء الذى لا شك فيه هو أن هذه السحب خالية من سمات الكهولة . ربما كانت من عداد المجرات المسرفات الناشطات ، التى تشبه النجوم العمالقة العليا المفردة . فالمنزلة التى تحتلها سحابتا مجلان بين المجرات هى نفس المنزلة التى تحتلها النجوم التى من طراز العمـــلاق رجل الجبار بين نجوم المجرات .

والمجرات الإهليلجية ، على النقيض من المجرات غير المنتظمة ، فهى مجرات أقرب ما تكون إلى الخمود ، فمنزلتها بين المجرات أشبه ما تكون بمنزلة الأقزام البيض بين النجوم . والمجرات غير المنتظمة نادرة الوجود بين المجرات ، مثلها فى ذلك مثل النجم رجل الجبار الذى يندر مثله بين النجوم ، أما المجرات الإهليلجية فشائعة الوجود بين المجرات ، شيوع الأقزام البيض بين النجوم .

ولكن لهذه « المقابلة » بين النجوم والمجرات حد لا يصح أن نتجاوز نطاقه . فالمجرات الإهليلجية إن عدت مجرات مفلسة هامدة ، فليس معنى ذلك أنها تتكون من نجوم مفلسة هامدة . (فيجوز أن تحتوى على عدد كبير من النجوم التى تعصى على وسائل الرصد بسبب شدة بعدها) . ولكن المعنى الذى نقصده بقولنا أنها مجرات خامدة مفلسة ، هو أن قدرتها على توليد نجوم جديدة قد أستنفدت . فلم يعد فيهـا شىء من التراب والغاز اللذين تتولد منهما النجوم

أعمار حشود المجرات

ليس فى الكون كله تجمعات يمكن أن تكون أضخم من تلك التجمعات المكونة من « حشود المجرات » . وقد سبق أن رأينا تجمعات من المجرات ولكن على نطاق صغير . . . شهدنا مجرة مسيية ٣١ وتوابعها الإهليلجية ، وشهدنا مجرتى سحب مجلان التابعة لها ، وشهدنا مجرة مسيية ٨١ وتوابعها . . . هذه التجمعات الصغيرة من المجرات يقابلها فى عالم النجوم مجموعات النجوم المزدوجة والنجوم المتعددة . وكما تجتمع عدة مئات من النجوم لتكوين حشد نجمى ، كذلك تجتمع عدة مئات من المجرات لتكوين حشد من المجرات .

وكما إستطعنا أن نستمد من حشود النجوم مفتاحا نتعرف به على أعمار الأشياء ، كذلك فى وسعنا أن نستمد من حشود المجرات مفتاحا آخر يساعدنا على إمتحان صحة الحقائق التى توصلنا اليها . . . ففى وسعنا أن نقيس حركة أفرادها ، وفى وسعنا ان نحسب المدة التى ينتظر خلالها أن تظل أفرادها متماسكة . وقد أمكن إثبات أن أمام بعض من أكبر هذه الحشود عمرا يبلغ حوالى ١٠٠٠٠ مليون سنة .

وإن مجرد إستطاعتنا ملاحظة الكثير من هذه الحشود — ولا يزال عدد المعروف منها يزيد يوما بعد يوم — يثبت أنها تتناسق مع الإطار الذى حددته الذرات لأفق الزمان .

وهناك فكرة أخرى تستعمل كثيرا لتحديد عمر حشود المجرات . فحينما تقاس سرعاتها بالمطياف ، تبدو جميعا كأنما هى مدبرة عنا ، وأبعدها يبدو كأنه أسرعها إدبارا .

ويفسر هذا الإرتداد الظاهرى للمجرات بأنه علامة على أن الكون فى حالة تمدد مستمر ، مما يدل دلالة مباشرة على حدوث إنفجار حقيقى فى الكون . ولكن هذه الفكرة تؤدى إلى كثير من المشكلات . وإن الأخذ بها يؤدى إلى نتيجة غريبة : وهو أن الإنفجار قد حدث منذ ١٠٠٠ مليون سنة — وهى فترة أقل مما تسمح به أعمار الذرات ، أو النجوم ، أو الأرض نفسها .

وهناك فكرة أخرى أكثر فى السفسطة إمعانا وأوغل منها فى التضليل ، فهى تأخذ فى إعتبارها المصاعب الناشئة عن تطبيق نظرية النسبية ، التى ترد بعض أسباب الإرتداد الظاهرى إلى طبيعة الفراغ الإنحنائية .

وهذه الفكرة تؤدى بنا إلى أن نتوقع تغيرات يسيرة فى عدد ولون المجرات التى تقع على تخوم المدى الذى يمكن أن يبلغه المرقب الذى قطر مرآته ٢٠٠ بوصه . ولا يزال العلماء يجمعون المعلومات والبيانات .

والإرتداد الملحوظ فى المجرات يتسق مع مقاييس زمنية ذات مدى واسع ، ولا يمكن أن يستخدم كطريقة لتأريخ بدء التمدد دون أن نصطنع فروضا ليس لنا الحق فى إصطناعها فى ضوء معلوماتنا الحالية .

وإذا حاولنا أن نلخص أفكارنا الحالية عن أعمار الأشياء ، فأظن أن فى وسعنا أن نقرر أن عمر الأرض ، وأعمار معظم النجوم ومعظم الحشود النجمية والحشود المجرية تنسجم مع إطار الزمن الذى رسمه عمر الذرات حيث الأفق الزمنى لها يمتد الى عدة آلاف من ملايين السنين (أنظر الجدول رقم ٢)

جـــــــدول رقم ٢

أعمار الأجرام السماوية بالتقريب (مقدرة بالسنوات)

أعمار الذرات

بلوتنيوم	مايزيدعلى	٢٠و٠٠٠
نبتونيوم	مايزيدعلى	٢٠و٠٠٠و٠٠٠
يورانيوم	(مستنبط من نسبة الرصاص المتخلفة)	٤و٥٠٠و٠٠٠و٠٠٠
يورانيوم	(« « « الهيليوم «)	٥و٥٠٠و٠٠٠و٠٠٠
يورانيوم	(« « « نوعيـــة)	٦و٠٠٠و٠٠٠و٠٠٠

عمر الأرض

المدنية	٢و٠٠٠
ماقبل التاريخ	٧و٠٠٠
الإنسان	١٠٠و٠٠٠
الثدييات	٥٠و٠٠٠و٠٠٠

الزواحف	١٠٠٬٠٠٠٬٠٠٠
الحياة	٥٠٠٬٠٠٠٬٠٠٠٠
القشرة الأرضية	٣٠٠٠٬٠٠٠٬٠٠٠

الأعمار المنتظرة للنجوم

الأقزام الخافته	٦٠٠٬٠٠٠٬٠٠٠٬٠٠٠
الشمس	مايزيد على ٥٬٠٠٠٬٠٠٠٬٠٠٠
العمالقة العليا	من ٥٠٠٬٠٠٠ ٠٠٠ — ١٠٬٠٠٠٬٠٠٠

الأعمار المنتظرة للمجموعات النجمية

النجوم المزدوجة		أقل من ١٠٬٠٠٠٬٠٠٠٬٠٠٠
الحشود النجمية		
	حشد الدب الأكبر	٢٠٠٬٠٠٠٬٠٠٠
	حشد الثيريا	٣٬٠٠٠٬٠٠٠٬٠٠٠
	الحشود الكرية	مايزيد على ١٠٬٠٠٠٬٠٠٠٬٠٠٠
المجرات		
	الإهليلجية	مايزيد على ١٠٬٠٠٠٬٠٠٠٬٠٠٠
	اللولبية	
	الأذرع	١٠٬٠٠٠٬٠٠٠ — ٥٠٬٠٠٠٬٠٠٠
	النواة	١٠٬٠٠٠٬٠٠٠٬٠٠٠
	غير المنتظمة	٤٠٠٬٠٠٠٬٠٠٠
حشود المجرات		أقل من ١٠٬٠٠٠٬٠٠٠٬٠٠٠

ويلاحظ أن هناك مجموعتين من الأجرام ذات أعمار قصيرة . وهى النجوم الناشطات المسرفات وأذرع المجرات اللولبية . . ولما كانت هاتان

الظاهرتان مرتبطتين إحداهما بالأخرى أشد الإرتباط، وكانت أذرع المجرات لا يمكن رؤيتها ولا تمييزها إلا بالنجوم الناشطات ، فلا يسعنا إلا أن نستنبط أن النجوم الناشطات لا تزال فى عهد الصبا .

بل فى وسعنا أيضا أن نداعب قليلا تلك الفكرة التى تقول أن هناك نجوما فى حالة تكون مستمرة وتؤكد الأماكن التى توجد فيها النجوم الحديثة — تأكيدا قاطعا — أنها قد ولدت عن تراب الفراغ النجمى . . .

أما النظريات الشائعة التى تفسر الطريقة التى ظهرت بها النجوم إلى عالم الوجود ، والتطورات التى إعتورت حياتها منذ نشأتها ، فستكون موضع الفصل الأخير إن شاء الله .

الفصل السابع

تطور المجرات

تحتوى مجرتنا على حوالى مائة ألف مليون نجم . ومجرتنا واحدة من كثيرات . فعدد المجرات الدانية (ونقصد « بالدانية » هنا ما كانت داخلة فى نطاق مراقبنا الحديثة) تبلغ الملايين عدا ، بل لعلها تبلغ مئات الملايين .

وتمتاز مجرتنا بأنها واحدة من أكبر المجرات وأشدها تألقاً وأضخمها كتلة . . . وقد رأينا فى الفصل السابق أن تركيب المجرات يختلف عن بعضه البعض إختلافا كبيراً . فبعضها كرية أو بيضية ، خلو من الأذرع اللولبية ولها شكل متناسق أنيق ، ومن أمثلتها المجرات التابعة لمجرة مسييه ٣١ ، وهى تذكرنا بالحشود النجمية (وإن كان الكثير منها مسطحا شيئا ما) ، على أنها جميعا أكبر حجما من الحشود الكرية ومعظمها أشد منها تألقا ، فلا مناص إذن من إعتبارها نوعا من التجمعات النجمية قائما بذاته .

وبعض المجرات مختلط الشكل ، وهى أشبه ما تكون برقع مختلطة من النجوم والغازات والتراب . . . ومثلها سحابتا مجلان ، وهما المجرتان التابعتان لمجرتنا .

أما أجمل المجرات إطلاقا ، فهى المجـــرات اللولبية ، وهى على أنواع عديدة ، تندرج من مجرات ذات حدود واضحة شيئا ما ، ونواة مركزية خافتة ، إلى مجرات ذات نواة صغيرة بينة المعالم ، وأذرع محددة تحديداً واضح القسمات ، إلى مجرات تشغل النواة الجزء الأعظم منها ، ذات أذرع باهتة تحيط بها من جميع نواحيها .

والموضوع الذى سنحاول أن نعالجه الآن هو : هل فى وسعنا أن ندرج المجرات فى سلسلة متصلة الحلقات ؟ فإذا كان هـذا ممكنا ، فما هو الإتجاه الذى يتخذه تطور المجرات ؟ أى المجرات هو الأحـــدث ؟ وأيها هو الأقدم ؟ . . . .

لقد أفضنا شيئا ما فى شرح الصور العائلية لمجموعات النجوم ، وقد آن لنا الآن أن نقول أن للمجرات خصائصها العائلية أيضا . .

وحين كنا فى معرض تحديد خصائص النجوم ، وجدنا أن اللمعان والحجم واللون كانت من خصائصها الهامة .

ولم نذكر بعد شيئا عن خصائص المجرات ، ولكن فى وسعنا الآن أن نقول أن للحجم واللمعان واللون أهمية كبرى كذلك .

وأشد المجرات المعروفة لمعانا يفوق أخفتها حوالى مائتى مرة .

ولعل مجرتنا ألمع المجرات التى عرفت حتى الآن ، أما أخفت المجرات التى أمكن تمييزها فهى إحدى توابع مجرة المرأة المسلسلة . ولكن لعل هناك ماهو أخفت منها ، هى تلك المجرة البيضية المنعزلة فى كوكبة معمل النحات .

إن مدى اللمعان فى المجرات — وقد قسمناه إلى ٢٠٠ درجة — لا يبلغ فى الإتساع ما يبلغه مدى لمعان النجوم الذى يمكن أن يقسم إلى ملايين الدرجات . ولكنه يعد على أى حال مقياسا صالحا يكفل لنا أن نرتب به المجرات من حيث لمعانها ترتيبا سليما سلامة ترتيبنا للمعان النجوم .

وقد لحظنا من قبل أن النجوم الفائقة اللمعان ، التى يمكن رؤيتها على مابيننا وبينها من بعد سحيق ، تسترعى إهتمامنا إلى حد أننا نجد أنفسنا وقد أسرفنا فى تقدير عددها بل لقد نمنحها من الأهمية فوق ماتستحقه .

كذلك الشأن فى المجرات ، فالمجرات الفائقة اللمعان ترى فى سهولة ويسر على أبعاد شاسعة ، بعكس المجرات الخافتة ، ومن شأن هذا أن يجرفنا إلى الإسراف أيضا فى تقدير عددها .

ولعل القارىء يذكر أيضا ماقررناه من قبل ، وهو أن النجوم الخافتات ضوءاً ، الصغيرات كتلة وحجما ، تؤلف الغالبية الساحقة بين النجوم .

وقد آن لنا أن نقول أن ما ذكرناه عن النجوم ينطبق على المجرات . فإذا أدخلنا فى تقديرنا أن ما يسعنا أن نراه من المجرات الخافتة ليس إلا عدداً قليلا منها ، لأمكننا أن نستنبط أن هذه المجرات الخافتة تؤلف الغالبية الساحقة فى عالم المجرات .

وقد ثبت أن المجرة التى تحتل المكانة الوسطى فى الكون من حيث اللمعان ، لايزيد لمعانها عن جزء من مائة جزء من لمعان مجرتنا فإذا راعينا أن المجرات الخافتة فى أغلب الأمر خافية عن أعيننا لأمكننا أن نخرج بأن متوسط اللمعان فى المجرات أدنى مما ذكرنا .

والمدى الذى تتدرج فيه المجرات من حيث أحجامها واسع أيضا ، وإن كان لا يبلغ من الإتساع ما يبلغه مدى لمعانها .

فتوابع مجرات المرأة المسلسلة يبلغ حجمها حوالى عشر حجم المجرة اللولبية الكبيرة . أو لعله لا يتعدى جزءا من عشرين جزء من حجمها .

وأحجام المجرات ولمعانها وتركيبها هى عناصر مرتبط بعضها ببعض أوثق إرتباط . والعلاقة بين بعضها البعض ذات أهمية قصوى .

ويلاحظ أن جميع المجرات اللولبية كبيرة لامعة ، على أن بعضها لا يبلغ من الكبر واللمعان ما تبلغه مجرتنا . فحجم المجرة اللولبية البديعة فى كوكبة كلاب الصيد

(اللوحة ١٣) يبلغ ربع حجم مجرتنا ، ويقل لمعانها عن لمعان مجرتنا بمقدار قدرين . ولكن يبدو أنه لايوجد مجرات لولبية كثيرة أصغر حجما وأقل لمعانا .

ولكن العلاقة بين المجرات الغير المنتظمة ولمعانها ليست على هذه الدرجة من الإحكام والدقة التى وجدناها فى المجرات اللولبية . ولكن فى وسعنا أن نقول — بوجه عام — أنها أصغر من المجرات اللولبية ، وكثير منها أصغر من أى مجرة لولبية عرفت حتى الآن .

أما المجرات البيضية ، فأطول مدى من حيث الحجم واللمعان . والأغلبية العظمى منها صغير خافت ، بل ليس فى سائر أنواع المجرات ، ما هو أصغر منها ولا أخفت ولكننا نلاحظ أيضا أنه يوجد منها مجرات لامعة ، حتى أن بعضها لينافس ألمع المجرات اللولبية من حيث اللمعان ، إذا لم يكن من حيث الحجم .

وسيتبين لنا فيما بعد إن شاء الله ، أنه لكى نستطيع أن نصنف المجرات وندرجها فى تسلسل محكم سليم ، لابد لنا أن ندخل فى إعتبارنا عناصر الحجم ، واللمعان ، والشكل والتكون وقد أسلفنا القول بأن المجرة الصغيرة الخافتة تكون الأغلبية الساحقة من المجرات ... وفى الوسع أن ننقح فى هذه العبارة قليلا فنقول أن أشيع المجرات هى الصغيرة الخافتة البيضية ، ويليها من حيث الكثرة العددية المجرات اللولبية . فإذا حاولنا تصنيف المجرات اللولبية ذاتها ، وجدنا أن الصغير الخافت منها أشيع من الكبير اللامع الذى يشبه مجرتنا .

ولكنى أكرر مرة أخرى أنه لاتوجد مجرات تهبط عن مستوى معين فى اللمعان كما بين شابلى لأول مرة .

أما المجرات المشوشة غير المنتظمة فهى أندر أنواع المجرات على

الإطلاق . وليس فى وسعنا أن نقرر ما إذا كانت المجرات الكبيرة أم الصغيرة هى التى تغلب على هذا النوع من المجرات المشوشة .

ولكن لايكاد يكون هناك شك فى أنه من النادر جدا وجود مجرات كبيرة فى حجم سحابة مجلان الكبيرة .

فإذا حاولنا أن نرتب هذه المجموعة من المجرات المعقدة ، المتباينة شكلا المتمايزة بريقا ، وأن ندرجها فى تسلسل منظم نستطيع أن نبين به المنحنى الذى تتجه إليه فى تطورها ، فلا بد لنا من تلمس معيار لتحديد السن وإتجاه التطور ، وعلى هدى هذا المعيار نمضى فى تصنيف المجرات وترتيبها .

ولكن إذا ذكرنا المقابلة التى عقدناها بين أعمار البشر وأعمار البعوض ، لتبين لنا أن « المعمر » ليس بالضرورة هو الذى سلخ من الحياة عمرا طويلا ، فالبعوضة التى عمرها يومان تعتبر معمرة ، والإنسان الذى سلخ من العمر أربعة عشر عاما يعتبر حدثا صغيرا .

كذلك قد نجد مجرة تعد نسبيا — فى حساب الزمان — مجرة حديثة ، ولكنها ، فى معايير التطور ، تعتبر مجرة معمرة .

وهناك مبادىء عامة نستطيع بمقتضاها أن نتعرف إلى الشيخوخة فى الحشود النجمية ، أولها — ولعله أهمها — هو مدى إنتظام الشكل . ويظهر أن هناك قانونا صارما نافذا يمضى حكمه فى كل المخلوقات : وهو أن يد الزمان تمر على كل مخلوق فلا تتركه إلا وقد مسحت عنه البروز وصقلته صقلا ، فكل شذوذ قد محى محوا ، وكل تمرد فيه يؤد — مع الشيخوخة — إلى النظام والتجانس والرتابة ، فالمجرة المعمرة هى المجرة التى فقدت خصائص الثورة والتمرد وعدم النظام .

وهذا القانون قائم على سبب قوى . وقد ذهبت فى الفصل السابق إلى أن

الذرات أسبق فى الوجود من النجوم ، دون أن أقدم جميع الحجج التى تؤيد مذهبى .

ومن الذرات نشأ التراب، والنجوم، والحشود النجمية التى نعرفها (ولسنا نؤكد أنها ظهرت بنفس هذا الترتيب الذى ذكرناه) . ولا بد أن تكون المجرات قد نشأت من سحب الذرات أو بعباره أخرى من كتل الغاز .

وللغاز المنتشر خواص تختلف كل الإختلاف عن خواص المادة الصلبة، بل إنها لتختلف أيضا عن الغاز الذى تكثف وتولدت عنــــه النجوم . وقد يعجب القارىء إذا قلنا أن الغاز لزج ، ولكن هـذا هو الواقع ، فللغازات خاصية اللزوجة ، وفضلا عن ذلك تنزع الكتل الكبيرة المنتشرة من الغازات إلى الحركة التدويمية ، والحركة التدفقية الباطنية المقبلة المدبرة (كحركة خض اللبن) . حتى ولو لم تبدأ الغازات حياتها بهذه الحركة فإنها سرعان ما تدور فى دوامات على مر الزمن .

والدقائق الصلبة التى تبدأ فى التكون داخل الغاز وتنتج التراب والضباب تقع فريسة لحركة الغاز المدومة وتضطر إلى إمتطاء الرياح الذرية، فترى السحب المتقطعة تحيط بنجوم الثريا مثلا . والدقائق الصلبة ليس لها خاصة اللزوجة ، وهى شديدة التبـاعد بعضها عن بعض حتى أن تأثيرها بعضها على بعض يعد خفيفا جدا .

والنجوم أشد تباعدا ، ومن ثم كان تأثير بعضها على بعض أضعف ، وقد ذكرت من قبل أن وقوع حوادث إصطدام بين النجوم يعد أمراً مستحيلا، كما ذكرت أن الروابط بين أفراد النجوم المتزاوجة متينة محكمة لا إنفصام لها .

وتحتوى المجرة الحديثة التكوين على كميات كبيرة من الغاز والسحاب . وقد عرفنا أن الغازات تتحرك حركات تدويمية وأخرى متلاطمة ، فإذا أضفنا

إلى هذا حركات سحب الفراغ النجمى التى تحملها معها ، أدركنا السبب الذى جعل المجرات الحديثة مشوهة غير منتظمة الشكل أو متناسقة التركيب .

فإذا كانت نظريتنا عن نشء الأجرام الكونية من سحب الغاز الأولية صحيحة ، لاستتبع هذا أن تكون المجرات الحديثة التكوين هى المجرات الغنية بالغاز والسحاب ، وأن تكون هى المجرات المشوشة الشكل ، المختلطة التركيب .

فأى دليل على صحة هذه النظرية أقوى من أن نرى أن المجرات المشوشة غنية — فعلا — بالتراب والغاز . . . . إنها فى الواقع أغنى بهما من أى نوع آخر من أنواع المجرات .

إن هذه الحقيقة البسيطة هى الأساس الذى بنينا عليه إعتقادنا أن هذه المجرات لابد أن تكون أصغر المجموعات النجمية سنا .

وإليك حقيقة أخرى تدعم هذا الاعتقاد : تلك هى أن المجرات المشوشة غنية بالنجوم الناشطات المسرفات . وقد أثبتنا فى الفصل الماضى أن النجوم الناشطات نجوم حديثة التكوين ، وأن مداها الزمنى قصير جداً لا يتجاوز شطراً ضئيلا من المسافة التى تفصلنا عن بداية الأفق الزمنى .

وقد بدأنا نربط بين الحداثة وبين الجمهرة الأولى التى تتجلى فى نجومها الخصائص العائلية المميزة للحشود المجرية .

وقد أثار إهتمامنا ما لاحظناه من أن سحب مجلان التى تفرخ فيها نجوم الجمهرة الأولى ، العامرة بالناشطات المطمورة فى سدم الغازات والسحب ، خالية تماما من أى نجوم تابعة للجمهرة الثانية . لاحظنا كل هذا فيما سبق . . وهنا نجد الدليل على أن نجوم الجمهرة الثانية — التى تتجلى خصائصها العائلية واضحة فى الحشود الكرية — تمتاز بأنها نجوم معمرة .

فإذا إتجهنا إلى المجرات التى لا تحوى إلا نجوم الجمهرة الثانية ، ونعنى بها

المجرات البيضية ، وجدنا فيها ما يدعم صحة ما تذهب إليه هذه النظرية التى أسلفنا ذكرها . فهذا النوع من المجرات لا تشوبه أية شائبة من النجوم الناشطات ، أو الأتربة ، أو الغازات . وهى بديعة التناسق شكلا ، تامة التماثل تركيبا ، ولا تكاد تختلف إحداها عن زميلاتها ، ولا تكاد تجد فيها عوجا ولا أمتا . فمن غير العسير أن نستنبط أنها بلغت مرحلة الشيخوخة التى تمحى فيها الفروق ، ويستقيم المعوج ، وتهمد روح التمرد والثورة .

ولم يعد مثل هذا النوع من المجرات قادرا على توليد نجوم جديدة ، ولا يعيينا أن نتلمس السبب ، فقد نضبط فيها « المادة الخام » التى تصنع منها النجوم ، وإنعدم التراب والغازات ، ولم تعد تحتوى على النجوم الناشطات ، لأن المادة التى يتكون منها هذا النوع من النجوم قد أستنفدت من عهد بعيد — لعلها أستنفدت فى إستحداث النجوم ، أو لعلها أستنفدت بطرق أخرى سنعرض لها فيما بعد إن شاء الله .

وها نحن أولاء قد تقدمنا خطوات لا بأس بها فى سبيل تحديد منحنى التسلسل الذى تتجه إليه المجرات فى تطورها ، لقد عرفنا نقطة البداية ونقطة النهاية . . . عرفنا أن المجرات المهوشة هى الأحدث سنا ، وأن المجرات البيضية هى الأقدم تاريخا . . . فهل لنا أن ندرج بينهما المجرات اللولبية ، بتركيباتها الحلزونية المعقدة ، وبنجومها التى تختلط فيها الجمهرتان وتتمازجان ، فلا هى خالصة إلى الجمهرة الأولى ، ولا هى قاصرة على الجمهرة الثانية ؟ . . .

إن المجرات اللولبية هى اللغز المحير فى هذا الموضوع . . . . ولعل القارىء يذكر أن التمييز بين نجوم هاتين الجمهرتين فى مجرتنا لا يكون بمجرد فحص خصائصها الطبيعية ، ولكن بملاحظة أوضاعها وحركاتها أيضا . فنجوم الجمهرة الأولى تمتاز بالنجوم المتألقة السخينة ، وبحركتها حول المدار المجرى داخل طبقة رقيقة من التراب والغاز ولا تكاد تزيد نسبة نجوم هذه الجمهرة على جزء من مائة جزء من نجوم المجرة كلها .

وأما نجوم الجمهرة الثانية فتسير فى كل إتجاهات ، وتتخذ مدارتها جميع الصور والأشكال والأحجام ، وهى تجرى — لا فى داخل الطبقة المركزية — بل عبر هذه الطبقة .

وكان من نتيجة ذلك ما نراه من تجمعها فى منطقة كبيرة السمك تتركز فى مركز مجرتنا ، ويكاد يوجد فى هذه المنطقة ما ينم على وجود أذرع لولبية .

ونجوم الجمهرة الثانية فى المجرات الأخرى تكون طبقات لا تختلف فى نظامها عن النظام الموجود فى مجرتنا ، بينما الأذرع اللولبية ، بما تنتظمه من نجوم الجمهرة الأولى والتراب ، والغازات ، تتحرك حركة تدويمية داخل الطبقة المركزية .

والواقع أن المجرة اللولبية تتركب من مجموعتين متداخلتين متحدتى المركز . المجموعة الأولى عبارة عن طبقة هيكلية متجانسة الأجزاء تتركز فيها معظم النجوم ، بل لعل معظم كتلة المجرة محتشدة فى هذه الطبقة ، وهى تشبه المجرة البيضية شبها قويا . . . .

أما المجموعة الثانية فمكونة من عدد من الأذرع . وقد رأينا فى الباب السابق أن هذه الأذرع سريعة الزوال ، وأن سنها يعادل تماما سن النجوم الناشطات التى تعمرها وتميزها ، والتى تنير الطبقة الغازية وتجعلها متألقة .

وباستثناء الشكل البديع الذى تتميز به أذرع المجرات اللولبية ، فإنها تشترك مع المجرات غير المنتظمة فى أمور كثيرة .

ونستطيع أن نتصور — دون أن نضرب بعيدا فى مجال الخيال — أن المجرة الحلزونية ليست إلا مجرة مشوشة تدور داخل مجرة بيضية ، وقد أدت حركتها الدورانية حول نواة المجرة الأولى إلى تحولها إلى شكل العجلة .

وقد بدأنا نرى المجرة الحلزونية كشىء إنبثق من طبقة التراب ، والغاز بتأثير

حركة دوران المجرة ، وقد أدت حركتها الدورانية النسبية إلى إلتوائها المستمر. ومادام التراب والغاز متوافرين فستظل عمليـــة تكوين الأذرع اللولبيـة وإنقشاعها ، ثم تكونها من جديد ، مستمرة حتى تستهلك المادة الخام ، فتنعدم الأذرع اللولبية . فنكون حيال مجرة قد تجردت من الأذرع اللولبية ،لاتختلف فى شىء عن المجرة البيضية ، بل إنها فى الواقع ستصبح فعلا مجرة بيضية .

هـكذا ترانا وقد خطونا إلى الأمام خطوة أخرى . لقد نجحنـا فى درج المجرة اللولبية بين المجرة المهوشة والمجرة البيضية .

ولـكن ، هل تكون مشكلتنا بذلك قد حلت نهائيا ؟ لا أظن .

فما زال باقيا علينا أن نتفهم كـنه عدد كبير من المجرات المختلفـة التى تقع أحجامها بين الـكبيرة والمتوسطة ، وتتأرجح أشـكالها بين مجرات لاتكاد تبين لها نواة ، وبين مجرات أخرى تكاد تستغرقها النواة كلها إستغراقا كاملافلا يكاد يبين فيها غير النواة .

ويجب أن نذكر أيضا أن المجرات اللولبيـة قد تقترن — كما هو الحال فى مجرة المرأة المسلسلة — بمجرات بيضية الشكل ربمـا كانت فى نفس سنها .

وأخيراً يجب أن نذكر مجرتنا ، ورفيقتيها سحابتا مجلان — أتراها أيضا من نفس السن ؟

إن إقتران المجرات اللولبيـة بمجرات عتيقة جداً وأخرى حديثـة جداً يبدو من الأمور المتناقضة . ولـكى نستطيع أن نفسر هـذه المشكلة الشائكة ، يجب أن نفرق تماما بين ذى « العمر الطويل » و « المعمر » فربما كانت سرعة التطور متوقفة على شىء آخر غير مرور الزمن .

ولـكى نصل إلى كلمة الفصل فى هذا الموضوع يجب أن نتفحص عمليـــة التطور بمزيد من الدقة ، إن أحد المفـاتيح التى نستطيع بها أن نكشف عن

دقائق هذه العملية يكمن فى جملة كتبتها فى صدر هـذا الفصل . فقد ذكرت فى صدر هـذا الفصل حقيقة لعلها أحد المفاتيح التى ستكشف لنا ما أستغلق من دقائق هذه العملية ... ذكرت أن خصائص النجوم تختلف عن خصائص الغـازات إختلافا بعيـدا ، فالغازات لزجة وتؤثر فى بعضهـا البعض مكونة دوامات .

أما تأثير النجوم بعضهـا فى بعض فتأثير ضعيف . فالنجم الذى يستهل حياته بالسير فى طريق معين ، يقدر عليـه أن يواصل السير فى هـذا الطريق لايحيد عنه أبداً ، أو يتخذ لنفسه طريقا شديد القرب منه لايتعداه بحال ... والنجوم المزدوجة تحفظ طريقها ملتئمات ، والحشود النجمية يسبحن فى الفضاء جمعا غير أشتات ، ولم يحـدث أن تفرق شمل حشد من الحشود النجمية أو إنفرط عقده منذ نشأته إلا أن يكون من أشد الحشود النجمية فقراً ، وأضعفها تماسكا ، وأوهنها نسجا .

وقد طالما ذكرت وألححت فى تأكيد أن الحشود النجمية والمزدوجات لابد أنها نشأت معا وأنها منذ هذه النشأة تتحرك معا . ويؤدى بنا هذا بطبيعة الحال ، إلى القول بأن حركة مجموعة من النجوم تكشف عن حركة المادة التى نشأت منها ، فمجموعة النجوم المتآلفة تتحرك نفس الحركة التى يتحركها التراب والغاز اللذان تولدت عنهما هذه النجوم .

والآن إلق نظرة قصيرة على نجوم الجمهرة الثانية فى المجرة. تجد أن السواد الأعظم فيها هى الحشود الكرية ، وأن توزيع هذه الحشود فيها يتخذ له شكلا كريا ، وأن حركة هـذه الحشود تتخذها مسارات بيضية شديدة الميل على مستوى المجرة .

ونجوم ر . ر السلياق — التى يبلغ عددها حوالى مائة ألف نجم — تتخذ لنفسها نفس نظام التوزيع والحركات . فلا يسعنا — إذن — إلا أن

نستنبط أن هذه التوزيعات والحركات إنما تصف لنا التوزيعات والحركات التي كانت تتخذها الغازات التي منها نشأت نجوم الجمهرة الثانية . فني وسعنا أن نتصور — إذن — كتلة من الغاز البدائي والتراب الأولى تتخذ لنفسها شكلا كريا أو تكاد ، وتحتشد إحتشادا عند مركز المجرة .

وقد رأينا أن هناك أنواعا أخرى من النجوم — مثل المتغيرات ذات الدورات الطويلة — تتوزع فى أشكال أقرب الى التسطح ، وتتخذ لها حركات أبعد عن التطرف . وربما نشأت هذه النجوم عن كتلة من الغاز والتراب كانت أبعد قليلا عن الشكل الكرى ، ولكنها إمتدت بعيدا أعلى وأسفل مستوى المجرة المركزى .

ولم تعد نجوم الجمهرة الأولى تشغل اليوم إلا سطحا غاية فى الرقة ، قد لا يزيد سمكه عن خمسة فى المائة من سمك المجرة الكلى .

ويمكننا أن نعتبر المجرة كعدد من مجموعات فرعية متحدة المركز مسطحة بدرجات مختلفة وهى فكرة خطرت لأول مرة على الفلكى السويدى « لندبلاد » .

والآن ، ما هى النتائج التي يمكن أن نستنبطها من إختلاف التوزيع وإختلاف الحركات ؟ . . . .

يخيل إلى أن فى وسعنا أن نكون صورة عامة للتطورات التي عرضت للمجرة اللولبية فى الماضى ، ولو أن الصراحة تقتضينا الإعتراف بأن النظرية الأساسية لا زالت غامضة أشد الغموض .

فإذا بدأت كتلة غازية حياتها على شكل كرى ، وشرعت تدور حول نفسها ، فمن المحتمل أن يهبط الغاز بالتدريج نحو المستوى المركزى .

ويخيل إلى أن سرعة الهبوط المشار إليه لم تحسب بعد حساباً دقيقاً ،

ولكنى أظن أن هذا الهبوط يستغرق حوالى ألف مليون سنة فى مجرة فى حجم مجرتنا .

وعلى هذا فنى وسعنا أن نفترض أنه كلما كانت المجموعة النجمية أقرب إلى التكور وكلما كانت حركة نجومها أكثر ميلا على المستوى المركزى ، كانت هذه النجوم أقدم فى التكوين فى هذه المجموعة .

وفى وسعنا أن نتخيل مجرة تبنى بالتدريج طبقة نجوم الجمهرة الثانية لها داخل كتلة التراب والغاز التى تغوص غوصا وئيدا ثابتا صوب المستوى المركزى . وفى وسعنا أن نستنبط أنه كلما كانت هذه الطبقة أقرب إلى الشكل الكرى كانت أمعن فى القدم (لوحة ١٩) .

ويمكن أن نثبت — ونحن على يقين أننا على جانب كبير من الصواب — أن المعدل الذى تسير عليه عملية التطور يجب أن يعتمد على حجم المجرة وكتلتها ، وأن عجلة التطور فى المجرات الصغيرة الخفيفة تكون أسرع منها فى المجرات الكبيرة الثقيلة .

وهنا يستبين لنا الفرق واضحا بين العمر والشيخوخة . فكأى من مجرتين إحداهما ثقيلة كبيرة ، والأخرى صغيرة خفيفة ، وسنهما الزمنى واحد ، ولكن الثانية أدنى إلى الشيخوخة من الأولى ومجرتنا فى سيرها نحو الشيخوخة تخطو خطوات جد بطيئة ، فهى إحدى كبريات المجرات .

وميزة أخرى تمتاز بها المجرات الكبيرة ، فهى تستهل حياتها وفى جعبتها مادة أوفر مما يتاح للصغيرة ، وإذن فالمتوقع لها أن تواصل عملية إنشاء النجوم وعرض الأذرع اللولبية مدة أطول .

وها نحن أولاء نجد أنفسنا قد لمسنا مشكلة لم نجد لها الحل بعد . . . .

فنحن لا نعرف بالدقة العوامل التى تحدد المعدل الذى تسير عليه عملية تحول الطبقة الغازية إلى نجوم . . . .

وعلى أى حال فيجب أن ندخل فى إعتبارنا عامل الكثافة ، وطريقة الحركة (الدوامات) ودرجة الحرارة .

ويعتمد العامل الأخير — إلى حد ما — على وجود نجوم قريبة (وخصوصا النجوم اللامعات الساخنات) فالنجوم اللامعة السخينة هى فى الواقع النجوم الحديثة ، وأن مجرد تكوين مثل هذه النجوم قد يؤدى إلى منع تكون نجوم أخرى فى جوارها .

فلا بد لعملية تكون هذه النجوم الأخرى من أن تتوقف حتى تنقرض هذه النجوم الناشطات ، وربما كان هذا العامل — بالإضافة إلى عوامل أخرى لم نفطن إليها بعد — هو الذى يحد من الفوضى التى كان يمكن أن يؤدى إليها إستمرار عملية تكون النجوم من التراب والغاز مع ما يؤدى إليه ذلك من نفاد المادة الأولية .

ومن الواضح أن المادة الأولية لم تنفد ، فمجرتنا ما زالت تحتوى من مادة الفراغ النجمى فى منطقة الشطيرة المركزية قدر ماتحويه من المادة الداخلية فى تركيب النجوم نفسها .

صحيح أن النجوم تطلق من سطوحها غازات ، ولكن ليس هناك ما يدل على أن معدل إنطلاق هذه الغازات كفيل بإنتاج مثل هذه الكمية الهائلة من مادة الفراغ النجمى .

وها نحن أولاء قد أصبحنا فى وضع يسمح لنا بأن نتخيل المراحل التى تمر بها المجرة . فهى فى أطوارها الأولى مجرة مهوشة ، ولكن لا بد أن يكون بها نزعة إلى التدويم . وما تلبث أن تنشأ الأذرع اللولبية — من هذه

الحركة التدويمية — وإن شكل سحابة مجلان الكبرى يوحى لنا بأنها فى طريقها لأن تصبح مجرة لولبية (أنظر لوحتى ١٤ ، ١٨) فإن لها قضيبا مركزيا— شأن كثير من المجرات اللولبية الأخرى — قد تكاثفت فيه النجوم والغاز ، ومن أطراف هذا القضيب يبرز ما يلوح كأنه بداية أذرع لولبية .

وليس من شك فى أن معظم كتلة السحابة الكبرى متركزة فى القضيب . وأكبر الظن أن القضيب يحتوى على كمية من الغاز تكفى لجعله شديد اللزوجة كما تدل عليه طريقته فى الدوران .

وربما كانت النجوم التى فى داخلة من حداثة النشأة بحيث لم تجد وقتاً كافيا يسمح لها بترك مواقعها الأصلية ، فما تزال تشغل مكانها الأصلى رابضة بين السحب التى فيها تولدت .

والمجرات اللولبية على ضربين ، أولهما اللولبيات الجنينية ذات القضيب ويتمثل هذا النوع فى سحابة مجلان — وتمتاز جميع اللولبيات ذات القضيب بوجود قضيب مركزى يندلع من طرفيه زوج من الأذرع اللولبية .

والمظنون أن مواد الفراغ النجمى توجد مركزة تركيزاً ملحوظا فى قضيب جميع اللولبيات ذات القضيب . أما الضرب الآخر للمجرات اللولبية فهو اللولبيات السوية ، ويتمثل فى مجرة المرأة المسلسلة (لوحة ١٢) ولولبية مسيية ٣٣ فى كوكبة المثلث .

وإلى هنا نرى أن هذا الجانب من صورة التطور الذى إستعرضناه يدل على أن المرحلة الأولى منه قاصرة على مجرد تغير فى أشكال الأذرع اللولبية التى لم تتخذ صورا محددة ولكنه لم يمتد بعد إلى النواة نفسها .

ولكن يد التطور لاتلبث مع مرور الزمن أن تعمل عملها فى تضخيم

النواة ، فتصبح أكبر حجما وأشد وضوحا . وذلك ناشىء عن تزايد عدد النجوم التى تتولد فى السحابة الغازية الهابطة نحو المستوى المركزى .

ويبدو لنا أنه فى العصور السحيقة ، حين كانت المادة الأولية المكونة للنجوم على أوفرها ، كانت نسبة النجوم الموجودة فى الأذرع كبيرة ، مما أدى إلى جعل غاز الفراغ النجمى متوهجا غاية التوهج . متألقاً غاية التألق ، وتكون المجرة فى هذا الطور أشبه بمجرة مسبية ٣٣

وبإستمرار حركة التطور (أنظر اللوحات ١٧ — ١٩) تغدو المادة الأولية أقل وفرة ، وبالتالى تكون النجوم التى تتحلى بها الأذرع أقل عددا ويغدو السديم اللامع أقل تألقا .

وأكبر الظن أن مجرة المرأة المسلسلة ، ومجرتنا نحن ، لاتزالان فى هذه المرحلة . . . ثم ينتهى الأمر بنفاذ المادة الأولية ، ولا يبقى شىء غير الجزء الهيكلى ، وينقضى عمر النجوم الناشطات القصير فلا يبقى شىء أخيراً سوى المجرة البيضية .

والعمر الكلى لمجرتنا لايمكن أن يقل عن عمر الشمس الذى يحدد نهايته الصغرى عمر الأرض .

ويبدو أن عمر مجرتنا يعود إلى مبدأ الأفق الزمنى ، أى إلى حوالى ٥٠٠٠ مليون عام .

والمجرات اللولبية التى تقل عن مجرتنا حجما والتى وصلت إلى نفس مرحلتها التطورية لابد أن تكون أصغر من مجرتنا عمراً فى حساب السنين .

ومن الحقائق الهامة التى لها دلالتها أن المجرات اللولبية نادرة الوجود ، وأن اللولبيات الصغيرة لاوجود لها إطلاقا .

فلو أن هناك مجرة لولبية صغيرة ، فلا بد أن تكون قد إستكملت حياتها كمجرة لولبية .

والمجرات البيضية الصغيرة التى تراها ، ربما كانت لولبيات صغيرة فى يوم من الأيام ، ولكن حياتها كاللولبيات قد إنتهت ونفذت منها المادة الأولية — أو كادت ـ التى تصنع منها النجوم .

ولا يزال أحد توابع مجرة مسيية ٣١ يحتوى على كمية ضئيلة جدا من هذه المادة الأولية ، ومما يثير الاهتمام حقا أن نلاحظ وجود نجوم حديثة « السن » فى داخل العرق الداكن الذى يمتد عبر هذه المجرة البيضية ، هذا مع أن بقية المجرة مكونة كلها من نجوم مستكملة لخصائص الجمهرة الثانية .

فهل نستطيع أن نستنبط أن جميع المجرات من سن واحدة ، وأن توزيعها الحالى بين مختلف الأنواع ليس إلا نتيجة لإختلاف سرعة سيرها نحـــو الشيخوخة ؟ .. لاأظن ذلك . فإلى جوارنا ، مثال واضح يؤيد ماذهبت إليه ، وأعنى به سحابة مجلان . فإذا صح ماذهبت إليه ، أى إذا صح أن المجرات المهوشة هى الأحدث سنا ، فكيف تأبى أن تأتلف مجرتان حديثتا السن مع مجرتنا ، التى هى فى عمر الكون النجمى نفسه ؟ . . ليس أمامنا إلا جواب واحد : هو أن هاتين المجرتين ليستا فى الواقع فى سن مجرتنا ، فلا يحتمل أن يزيد عمرها عن مائة مليون سنة .

بل يبدو أنهما ليستا من سن واحدة بالضبط . فالسحابة الكبرى زاخرة بمادة الفراغ النجمى ، بينما السحابة الصغرى توشك أن تكون تامة الشفافية ، ومن ثم فهى تكاد تكون خالية من مادة الفراغ النجمى .

ومعنى هذا أن السحابة الكبرى أحدث سناً من السحابة الصغرى ، وليست

الأخيرة على أى حال بالمجرة العجوز ، لأنها خلو من نجوم ر . ر . السلياق والحشود الكرية اللتين تميزان الجمهرة الثانية .

ويخيل إلى إذن أنه لامناص من أن نقرر بأن سحابتى مجلان هما فى الواقع أحدث سنا من مجرتنا وأنهما تكونتا من التراب والغاز فى مرحلة متأخرة من حياة مجرتنا .

وبرغم أن مجرتنا تعتبر مجرة عجوزا ، فالمستقبل لايزالمنبسطاً أمامها، فما زالت تحتوى على ذخيرة تكفى لصياغة عدد كبير من النجوم ، ومازال فى وسعها أن تكون أذرعا لولبية فى المستقبل . ولكن لامناص من بلوغها النهاية أخيراً

ويخيل إلى أن فى وسعنا أن نحصل على مجرات أخرى نستطيع أن نطالع فيها وصف الحالة التى ستكون عليها مجرتنا حين تبلغ نهايتها .

فجرة مسيية ٨٧ الكرية الضخمة يبلغ لمعانها لمعان جميع نجوم الجمهرة الثانية فى مجرتنا ، وهى محاطة بضباب ضخم يحتوى على حشود كرية ، أمكن إكتشافها بإستعمال المرقب ذى مائتى البوصة .

وربما نرى فى مسيية ٨٧ مجرة أكبر سنا من مجرتنا ، وفى وسعنا أن نرى فيها مصيرنا الذى ينتظرنا فى المستقبل . وربما كانت أصغر وأخفت قليلا مما صورته ، ومن ثم تكون أسرع خطى إلى الشيخوخة من مجرتنا ولذلك فقد لا يزيد عمرها مقدرا بالسنين عن مجرتنا .

بل إن مجرة مسيية ٨٧ لم تصل بعدفى تطورها إلى الحدالذى تنطفىء عنده الجذوة ويخمد فيه النشاط ، ولا أدل على ذلك من أننا نلاحظ أن هناك نافورة من غازات وتراب تندفع من منطقتها النووية إلى الخارج .

وهاأنذا قد فرغت من تخطيط صورة لتطور المجرة من صورتها الأولى المهوشة إلى صورتها اللولبية ، إلى الحالة البيضية . ويمكننا أن ندرج الأغلبية الساحقة من المجرات فى هذه السلسلة ، ولكن هناك حالات شاذة لا يمكن درجها فى أى من حلقاتها .

وقد سبق أن رأينا بين النجوم حالات عجيبة من التزواج ، ولها شبيه بين المجرات . ومن أمثلة ذلك ما نراه من ترابط وثيق بين مجرة بيضية وأخرى لولبية . . .

فإذا صح ما ذكرناه توا من أن هناك إرتباطا عكسيا بين حجم المجرة وسرعة بلوغها الشيخوخة ، فمعنى ذلك أنه إذا نشأت مجرتان معا ، فالمتوقع أن تصل أصغرهما وأخفهما إلى طور المجرة البيضية قبل الأخرى .

فمجرة مسييه ٣١ ورفيقاتها مرتبطة بعضها ببعض كما يجب أن نتوقع . ولكن لو صح أن مجرة كمجرة مسيية ٦٠ (البيضية) مرتبطة فى الفضاء مع المجرة اللولبية الخافتة (N . G . C . ٤٦٤٧) * فقد خرجنا عن النظام المرسوم — لأن مسيية ٦٠ ألمع بمراحل شاسعةمن المجرة الأخرى .

بل أن الترابط بين مجرتنا وبين سحابتى مجلان هو — بدوره — خروج أصرخ على القاعدة . فهل يمكن أن يكون قد حدث للمجرات شىء يؤثر فى مجرى تطورها ؟ .

إن أروع ما يصادفنا من أمثلة تصور لنا تلك الظاهره التى يمكن أن نطلق

---

* N. G. C. اختصار لسجل فلكى يدعى New general Catalogue وقد أدرج فيه لكل مجرة رقم معين (المترجم)

عليها اسم « التطور الموقوف » بين المجرات ، نجده فى بعض حشود المجرات الضخمة الكثيفة كذلك الحشد الذى يقع نسبيا بالقرب منا ، والذى يرى خلال كوكبة شعر برنيقة ، ويطلق عليه حشد شعر برنيقة (لوحة ٢١). إن هذا الحشد مكون من حوالى ٨٠٠ مجره ، بعضها دائرى ، وبعضها مغزلى ، ومن ثم فمن المحتمل أن يكون شديد التسطح .

ولكن أروع ما يلفت النظر فى هذا الحشد أنه خال تماما من أى تشكيلات لولبية ، وقد إعتدنا أن نرى هذه التشكيلات (وخصوصا شطيرة التراب المركزية) فى المجرات المسطحة المستطيلة ، ولكن العجيب فى مجرات هذا الحشد أنها لا تحتوى إلا نجوم الجمهرة الثانية .

فما سر خلوه من اللولبيات ؟ . . . وماذا حدث للتراب الذى كنا نتوقع أن نجده داخل المجرات ؟. حينما أجاب باده Baade وسبتزر Spitzer على هذا السؤال ، أثار جوابهما من الدهشة ما أثارته الأرصاد نفسها . . . لقد أثبت لنا هذان العالمان أن مجرات شعر برنيقة تكون حشدا كثيفا ، وقد بلغ من كثافته حدا حمل هذين العالمين على الإعتقاد بأنها لا بد قد عانت إرتطامات متوالية (وإذا قلنا إرتطامات « متوالية » فيجب أن يتنبه القارىء أننا نقصد بكلمة « متوالية » المعنى الكونى لا المعنى « العادى ») .

فمنذ بدأ أفق الزمان ، لا بد أن كل مجرة قد عانت — فى المتوسط — عشرين إرتطاما مع عشرين مجرة أخرى . وهذه حقيقة لا مناص من التسليم بها ، وهى نتيجة مباشرة لما نلاحظه من درجة إحتشاد الحشد وما نلاحظة من حركات المجرات داخله .

أنها نتيجة مستنبطة من الواقع ، ليس فيها من الخيال خالجة . ولكن أين أمارات هذه الإرتطامات ؟ . . . إن المجرات تبدو سليمة لا أثر فيها لتحطيم أو تهشم . ولكل مجرة حدودها الواضحة الصريحة ، والتجانس والتماثل باد فى كل مجرة منها .

ولكن قليلا من التفكير يثبت لنا أن هذا الذى نستغربه هو — فى الواقع — ما يجب أن نتوقعه . فالمجرة ليست إلا جهازاً مفتوحا ، إلى أقصى الحدود ، والنجوم المكونة لها يبلغ من تباعدها بعضها عن بعض إلى حد أنه يمكن أن تمر مجرتان إحداهما عبر الأخرى دون أن يحدث أى خلل ملحوظ فى حركات النجوم المكونة لها أو مواضعها . . .

أما التراب والغازات التى توجد فى المجرات فلها شأن آخر . ولعل القارىء يذكر أننا ذكرنا أن الغازات لزجة . فإذا إرتطمت مجرتان ، مرت النجوم المكونة لهما دون أن يحدث لها أى خلل ، فى حين أن الطبقات المركزية اللزجة من الغازات يرتطم بعضها فى بعض إرتطاماً عاتيا يصحبه إنفجار جارف شديد ، وذلك أن سرعة المجرات حالة مرورها فى بعضها البعض تكون غاية فى الشدة ، حتى لتبلغ بضعة مئات الأميال فى الثانية .

وتبلغ قوة إرتطام الغاز بالغاز من الشدة حداً يجعل السحب الغازية تندفع فى الفضاء إندفاعاً شديدا ، حاملة معها التراب والدخان . وتلبث كل مجرة من المجرتين المرتطمتين أن تطرد من الأخرى كل مافيها من مواد الفراغ النجمى ولا شك أن تعرض كل مجرة لعشرين إرتطاما يعد كافيا لتطهير حشد شعر برنيقة من أى أثر للمادة التى تصنع النجوم .

وهكذا حيل بين هذه المجرات وبين مواصلة سيرها الطبيعى ، وهذا هو سر ما نراه من وجود مجموعة من المجرات كان مقدراً لها أن تسلك طريقها الطبيعى : من مجرات لولبية إلى مجرات بيضية ، لو أنها لم تكن محتشدة هذا الإحتشاد .

وهكذا « جمدت » كل مجرة منها على الصورة التى كانت عليها حين دهمتها الإرتطامات فنزفت منها كل المواد المكونة للنجوم .

وبعد — هل تعانى اليوم مجرة مسيية ٨٧ عملية تفجرية كاسحة نهائية ؟ ...

وهناك حشود كثيفة أخرى من المجرات ، مثل الحشد الذى يرى فى كوكبة الإكليل الشمالى . وقد أكتسح كل ما فيه من المادة المكونة للنجوم ، وأصبحت الآن فى حالة تطور موقوف . ويبدو أن هذا هو المصير المحتوم الذى ينتظر المجرات التى عانت كثيراً من الإرتطامات المتكررة .

ولا تزال ثمة أسئلة تنتظر الجواب. ماذا حدث — مثلا — للتراب والغاز ؟

يعتقد العلماء أنها قد تحولت إلى مجرات جديدة منذ مدة بعيدة ، ومن الجائز أن تكون هذه المجرات قد أكتسحت هى الأخرى نتيجة لإرتطامات مماثلة .

وقد عرفنا أن المجرات تتداخل بعضها فى بعض دون أن يحدث هذا التداخل أى تأثير فى النجوم المكونة لها . وكل ما ينتج عن هذا التداخل هو التخلص من مواد الفراغ النجمى . . . . وهذه النظرية تتضمن إعتبارات بعيدة المدى . . . فإننا لنتساءل مثلاً ، كم مرة مرت مجرة مسيية ٣٢ عبر مجرة المرأة المسلسلة ؟ . . . وما نتائج هذا التداخل بينهما ؟ . . . وهل حدث أن مرت سحابتا مجلان عبر مستوى مجرتنا ؟ فإذا كانت سحابتا مجلان تتحركان بتأثير الجذب التثاقلى فى مدارات دائرية ، فإن مدة دورانها لا بد أن تكون معادلة للعمر الكلى المتوقع لهما . . . . وهل تولدت هاتان السحابتان — أو كبراهما على الأقل — من التراب والغاز اللذين إنطلقا بتأثير إرتطام بين مجرتين؟. إنها فكرة لا تخلو من روعة ، وآمل أن أكون قد نجحت فى رسم صورة واضحة للمنحنى الذى يتخذه تطور المجرات .

وبعض المبادىء التى ذكرتها هى موضع إتفاق بين معظم علماء الفلك ولكن بعض الآراء الأخرى هى من وضعى .

فالطريقة التى صورت بها تكون المجرات اللولبية — مثلا — تؤدى حتما إلى إعتبار الأذرع تنزع إلى التحرك إلى الخارج ، على الأقل خارج

المجرة . وهناك فلكيون مشهورون ، من أمثال لندبلاد Lindblad ، لهم فى هذا الشأن إتجاه آخر .

ولكن أحسب أن الطريق الرئيسى الذى رسمته لتطور المجرات ، من مجرات مهوشة ، إلى لولبيات ، إلى بيضيات ، يلقى على وجه العموم تأييدا لا بأس به .

صحيح أن هذه الفكرة فى تصور تطور المجرات تقلب الترتيب الذى إختطه هبل Hubble رأساً على عقب والذى يرتب به تطور اللولبيات من طور « الطراز الأقدم » إلى طور « الطراز الأحدث » ولكن شابلى Shapley قد آثر الترتيب العكسى وأخذ يناصره من مدة طويلة .

وإن النظرية العامة لتطور اللولبيات لتدين بالكثير إلى كارل فردريك فون فيزاكر Carl Friedriek Von Weiszacher وخياله النير ، وأعترف أننى قد تأثرت بآرائه تأثرا بعيد المدى .

ولكن ما تزال أمامنا مشكلات كثيرة — فلا زلنا فى حاجة إلى مزيد من الأرصاد ، وأن المرقب ذا مائتى البوصة لكفيل بها . ولن نكون فى الوضع الذى يسمح لنا بابتكار نظريات جديدة مالم يتح لنا أرصاد كافية .

إن الأساس الذى بنينا عليه نظرية حركة غاز الفراغ النجمى لا يزال هو نفسه فى مرحلة الطفولة . ولكنى مع هذا أحس فى نفسى شعورا متزايدا بالثقة بأننا على الأقل قد نجحنا فى درج المجرات فى ترتيبها الصحيح ، بل حسبنا أننا قد أصبحنا على علم بالعوامل الرئيسية التى تتحكم فى تطورها .

ولكن الموضوع لا يزال جديدا ، وما زال منطوياً على أسرار يرجى

أن يكشف عنها الستار، ومحفوفاً بمزالق لا يؤمن معها العثار ، ولكنى مع ذلك كنت من الجرأة بحيث بحث لنفسى أن أتعرض له بالبحث ولم تتوافر لى أسبابه بعد .

ولن يحذرنى عن هذه الجرأة إلا نزعة التفاؤل التى يمتاز بها علماء الفلك ، تلك النزعة التى غدت خصلة ملازمة لهم وطبيعة لاصقة بنفوسهم لا يبغون عنها حولا .

الحق أقول أن موضوع تطور المجرات لا يزال سرا مغلقا على نفسه ، تكتنفه الحجب والأستار ، ولم ينضج بعد النضج الذى يسمح لنا أن ندلى فيه بالكلمة الحاسمة

ولو أن إنساناً من الحذرين المتوجسين قد طلب إليه أن يتعرض لبحث هذا الموضوع ، لربما أضرب إضراباً عن مجرد مساسه من بعيد أو قريب . فإنه لموضوع شائك ، ولا مفر لمن يحاول أن يقترب منه ويتناوله بين يديه بالتقليب والبحث ، أن تدمى أصابعه .

الفصل الثامن

تطور النجوم

تعتبر قصة تطور النجوم أروع قصص علم الفلك وأبعثها على الحيرة. فالنجوم منثورة أمامنا بأنواع تتفاوت فيما بينها تفاوتا عجيبا، وتكاد معلوماتنا عن الصفات الخارجية للكثير منها — كاللمعان والحجم، ودرجة حرارة السطح والكتلة، والتكوين الخارجي — أن تكون وافية.

كما أننا نعلم الكثير عن العلاقات التي تربط ما بين أفراد مجموعات النجوم المختلفة، وقد عرفنا كذلك أن حركة النجوم وتوزيعها داخل مجرة ما ظاهرتان ترتبط أحداهما بالأخرى إرتباطا محكما، وتتصلان إتصالا وثيقا بالصفات الطبيعية الأخرى للنجوم.

والمهمة الملقاة على عاتقنا هي أن نحبك هذه الحقائق جميعا فى قصة متماسكة تحكى لنا كيف تتطور النجوم، وبذلك نستطيع أن نستنبط التغيرات التى تطرأ على النجم خلال حياته فتدفعه من الطفولة إلى الشيخوخة، وهنا تواجهنا أقسى العقبات الكئود، فتطور شخصية النجم ينبعث من داخله والعوامل التى تتحكم فى سلوكه عميقة الجذور تستعصى على وسائل الرصد.

صحيح أننا نعلم أن الظروف فى باطن النجوم تختلف كل الإختلاف عن الأحوال عند سطحه، وأن درجات الحرارة المركزية والضغوط المركزية لابد أن تكون عالية، ولكن درجات الحرارة والضغوط الفعلية تعتمد على تركيب النجم وتكوينه فى المرحلة التى وصل اليها من تطوره.

ونحن على يقين يوشك أن يكون تاما أن معظم النجوم تعيش على الطاقة

المنبعثة من مادتها النووية ، وأن تكوين النجم فى تغير مستمر ، وهذا التغير يؤدى — لا محالة — إلى تغير فى هيكل النجم .

الحقائق الأساسية

وقد حاولت فى الأبواب السابقة أن ألخص الحقائق الأساسية التى يبدو لى أنها أهم العوامل الموجهة فى مشكلتنا .

فنى المقام الأول تأتى الصفات الملحوظة للنجوم ، كإختلاف لمعانها وحجمها وكتلتها ، وميلها الجارف إلى تكوين مزدوجات أو مجموعات بسيطة أو مركبة ، والنزعة القوية التى تدفع المجموعات التوأمية إلى الحركة التدويمية ، والظروف السطحية التى لاتهدأ ، وشيوع ظاهرة إندلاع الدقائق منها وإنتشارها فى الفضاء .

ثم يأتى فى المقام الثانى معرفتنا بالصلات العائلية بين النجوم — ونزعة كل مجموعة نجمية إلى الإنتظام فى إطار معين يحدد سلوكها ويسيطر على تصرفاتها ، فللحشود المجرية صورتها العائلية المميزة ، كما أن للحشود الكرية صورة محددة تختلف كثيرا عن صورة الحشود المجرية .

وتتخذ هذه الصور العائلية معنى أوسع عندما تنعكس فيها صورتاالجمهرتين الأولى والثانية اللتان تحتلان على التوالى الأذرع المسطحة والطبقات شبه الكرية من مجرتنا ومن كثير غيرها من المجرات .

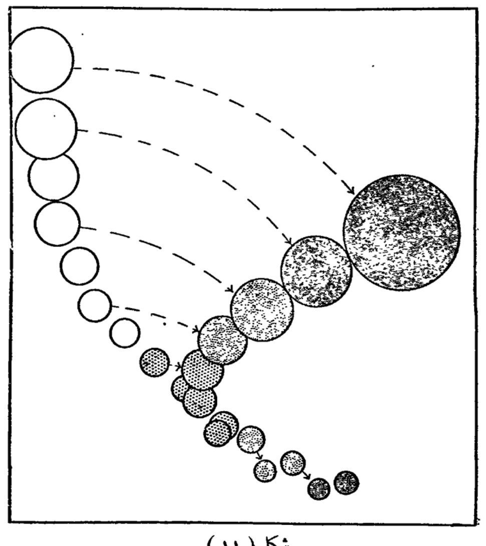
ويبدو أن المجرات التى تتكون من نجوم خالصة من الجمهرة الأولى قليلة العدد ، وأن المجرات التى تحتوى على نجوم خالصة من الجمهرة الثانية هى الغالبية الساحقة من المجرات أما فى اللولبيات فنشاهد الجمهرتين معا . وقد ذكرت فى الفصل السابق أن وجود الجمهرتين معا فى اللولبيات إن هو إلا إرتباط وقتى وأن نجوم الجمهرة الأولى متميزة فى المادة النجمية الموجودة فى طبقة مركزية

تتفاوت درجات رقتها فى هذه اللولبيات ، كما أسلفت أن نجوم هـذه الجمهرة والأذرع اللولبية التى تسكن فيها ، إن هى إلا ظاهرات وقتية زائلة ، مقدر عليها أن تذوى وتخلف وراءها مجموعة فقدت صورتها اللولبية ، ذات شكل مسطح نوعا ما ، هى المجرة البيضية . وثالثة الحقائق الهامة التى يجب أن نتمثلها جيدا حتى نستطيع أن نتصور كيفية تطور النجوم ، هى مدى الأفق الزمنى — وهو فترة زمنية تقل شيئا ما عن ١٠٠٠٫٠ مليون سنة، يبدو أن تكون النجوم قد حدث فى خلالها .

والمهمة الملقاة على عاتقنا أن ننسج من هذه الخيوط المتقاطعة المتشابكة نسيجا محكما متماسكا . ولا مناص لى من أن أعترف أنه لن يسعنى — حتى الآن — أن أقدمه إليك إلا نسيجا مليئا بالفجوات والثقوب . ولو أننى حاولت أن أظهره على شكل نسيج سوى مكتمل خال من الثغرات فإن ذلك لن يكون على حساب ضميرى فحسب ، بل سيجلب على سخرية زملائى أصحاب الفلك . وأحب أن أعترف أن كل ما سأدلى به هنا خاصا بتطور النجوم ، ليس إلا نتيجة تعسس فى ظلمات هذا الموضوع ، وإن كنت قد تهديت فى دياجير الظلام الذى كان يحيط بى من كل مكان ، بخفقات مرتعشة من النور الذى إنبثق من عقول جبابرة علم الفلك ، وفى مقدمة الرواد السابقين فيه إدنجتون Eddington ، جينز Jeans ، ورسل Russell ، ومن حملة المشاعل هـذه الأيام ستروف Struve ، وفون فيساكر Von Weiszacker ، وأمبارتسوميان Ambartsumian ، وكرات Krat ، وهويل Hoyle ، ولتلتون Lyttelton ، وسبتزر Spitzer ، وهويبل Whipple ، وشفارتشيلد Shwarzschild وتشاندرا سيكهار Chandrasekhar ، ولكن أنوارهم متضاربة تشع فى كل المسالك وتضرب فى جميع الشعاب ، وبعضها خادع خلب أشبه ما يكون بالسراب ، ومن يدرى ؟ فلعلى — بدورى — لا أحمل فى يدى إلا مشعل النور الخادع الذى يومض ولا يضىء ، يلمع ولا يهدى ، يحسبه الظمآن إلى المعرفة هديا ، حتى إذا ما جاءه لم يجده شيئا .

من الجمهرة الاولى الى الجمهرة الثانية

ذكرت فى الفصل السابق بعض الأسباب التى تحملنى على الإعتقاد بأن الجهرة الأولى تمثل نجوما حديثة السن ، — أحدث سنا على أى حال من نجوم الجهرة الثانية .



شكل (١١)

رسم تخطيطى يبين عملية التطور من الجهرة الأولى نحو الجهرة الثانيـة . وهذا الرسم يبين الخطوط العريضة للنجوم المفردة . أما النجم المنقسم فقد يوزع نفسه على طول سلسله التتابع الرئيسى . وتدل الأسهم المقوسة المتجهة إلى أسفل على بدء ظهور حالة اللمعان الخافت . الأحجام مصغرة بمقياس الرسم التقليدى .

وسأجعل نقطة بدئى هو إفتراض أن الحشـــود المجرية الفتية — مثل المجوعة العظمى فى فرساوس — تمثل أسرة من النجوم الحديثة السن ، المتماثلة عمرا المتشابهة مولدا وتاريخا . وإنى أعتقد أنه سيجىء الوقت — بعد أحقاب طويلة جدا — الذى تتخذ فيه هذه المجموعة الملامح العائلية المميزة للحشود الكرية .

وسأتجنب مؤقتا التعرض للفروق الهائلة التى توجد بين الحشود المجرية والكرية فى مجرتنا ، من حيث عدد نجومها والجهرتان اللتان تنتميان اليهما . وأجترىء بأن أذكر القارىء هنا بأن سحابة مجلان الكبرى تحتوى على حشود « كرية » من حيث الشكل ، ولكنها « مجرية » من حيث نوع الجمهرة التى تنتمى إليها . . .

فكيف نستطيع أن نتخيل الطريقة التى تتطور بها الخصائص النجمية حتى تتحول الصورة العائلية الأولى إلى الصورة العائلية الثانية ؟ هنا نجـــد أنفسنا حيال مشكلة لا تختلف فى شىء عن لعبة الكلمات التى توضع للأطفال والتى يطلب إليهم فيها تحويل كلمة « كلب » مثلا إلى كلمة « جمل » وذلك بإجراء سلسلة من التحويلات فى حروف الكلمة الأولى بحيث يؤدى كل تحويل إلى إنشاء كلمة لها معنى لغوى معين ، وبحيث تنتهى الخطوة الأخيرة بالحصول على الكلمة الثانية . . . .

فمثلا سلسلة التحويلات — كلب — جلب — جلل — جمل تحقق هذا الغرض .

فهل يمكن أن نتخيل سلسلة من الخطوات يمكن أن تتحول بها صورة مجموعة نجمية إلى أخرى متخذة لها فى كل خطوة إحدى الصور المعروفة

للنجوم ؟ وإذا كان هذا ممكناً فهل يمكن إدراج تلك الصور فى الإطار الزمنى الذى سبق لنا وضعه ؟

لنلق بنظرة فاحصة على الجمهرة الأولى التى إعتبرتها نقطة البدء فى عملية التطور . وأحسب أن أهم ما يميزها هو صغر حجم معظم نجومها ، وخفوت ضوئها وضآلة كتلتها . فالعمالقة العليا الزرقاء الضخمة ، وحتى النجوم التى تماثل الشعرى اليمانية ، نادرة الوجود فى هذه الجمهرة . فإذا تدرجنا من هذه النجوم اللامعة نزلا ، وجدنا أن عدد النجوم يأخذ فى الزيادة كلما نقص لمعانها ، حتى نصل إلى النجوم التى لا ينقص لمعانها عن عشر لمعان الشمس .

وإذا قارنا هذه الصورة بصورة نجوم الجمهرة الثانية (التى أعتبرها المرحلة الأخيرة فى عملية التطور) نلاحظ أمراً عجيباً : هو أن الصورتين تنطبقان عند منطقة النجوم الخافتة ، وهى التى تمثل الكثرة الغالبة من نجوم الجمهرة الأولى ، ولعلها تمثل الكثرة الغالبة من نجوم الجمهرة الثانية كذلك .

وليس معنى ذلك إنعدام إختلاف بين الجمهرتين ، فإذا جاز لنا أن نصدر حكمنا على أساس النجوم الفائقة السرعة المجاورة لنا ؛ فإن الجمهرة الثانية تشتمل على عدد كبير من الأقزام الدنيا الخافتة ولكن صورتى الجمهرتين تختلفان فى مناطق النجوم اللامعة إختلافاً أبين وأوضح من إختلافهما فى مناطق النجوم الخافتة . وقد رأينا عند دراستنا لأعمار النجوم أن هذه النجوم الخافتة هى التى يقدر لها أن تعمر طويلا ، وأن العمر المقدر لها يزيد عن الفترة التى تفصلنا عن أفق الزمان . ومن ثمة يمكن القول أن هذه النجوم تدرج إلى شيخوختها فى بطء .

وإذا إتجهنا إلى النجوم اللامعة النادرة ، وجدنا أن الصورتين قد إنفرجتا وتباعدتا ، ولن نجد فى الجمهرة الثانية نجوما تناظر نجوم الحشود المجرية

فى الجمهرة الأولى ، تلك النجوم التى يبلغ لمعانها قدر لمعان الشمس مليون مرة ، فأقصى ما يمكن أن يصل إليه لمعان نجم من نجوم الجمهرة الثانية هو أن يبلغ لمعان الشمس ألف مرة ، وقد سبق أن عرفنا أن النجم الذى يبلغ لمعان الشمس مليون مرة لا يتوقع له عمر طويل (هذا إذا كان يمتثل لقانون العلاقة بين الكتلة واللمعان) ، فعشرة ملايين من السنين تكفى لوصوله إلى حالة « الإفلاس » بينما المدة التى تكفى للوصول بألمع نجوم الثريا إلى حالة الإفلاس هذه تقدر بمائتى مليون سنة ، أما ألمع نجوم القلاص فيلزمه ٢٠٠٠ مليون سنة حتى يلقى هذا المصير .

وأكبر الظن أن المنطقة التى تبدأ عندها صورتا الجمهرتين فى الإنفراج تقع قريبا من الموقع الذى يمثل النجوم التى تبلغ من اللمعان بحيث يقدر لها أن تصل إلى حالة الإفلاس فى مدة يمكن مقارنتها بالبعد عن الأفق الزمنى . وهذا الرأى على مابه من جاذبية ، يعوزه السند الواقعى القوى . فكل ما استطعنا أن ندرسه حتى اليوم هو حشدان كريان فقط ، توغلنا فى فحص نجومها اللامعة هابطين حتى موضع إلتقائها بنجوم التابع الرئيسى ، وعند ذلك قصرت وسائلنا عن موالاة الفحص . ومن ثمة يجب علينا أن نلتزم الحذر ، فعند ما تكون المعلومات المتاحة غير وافية ، نجد أنفسنا منساقين إلى الإسراف فى إصطناع الفروض البسيطة ، وهى نزعة مغرية ، ولكنها خطيرة خادعة .

وتوحى الأرصاد التى قام بها باوم Baum وآرب Arp وساندج Sandage — على قلتها — بوجود فرق ضئيل بين نقطتى إتصال الحشدين بنجوم التابع الرئيسى . ولكن من المحتمل أن يكون بين الحشدين فرق فى العمر والتاريخ ، فالصور التى ترسمها نجومها المتغيرة — كما سترى إن شاء الله — مختلفة أيضاً .

وفى الوسع أن نفطن إلى الخلافات الجوهرية بين الحشود الكرية والمجرية ، بل إن فى وسعنا أيضا أن نميز الفروق بين أنواع الحشود المجرية نفسها . ففى بعض هذه الحشود ترتفع درجة لمعان نجوم التابع الرئيسى إلى حد فائق ، كما هو الشأن فى حشدى فرساوس التوأمين ، بينما تبدو بعض الحشود الأخرى وكأنما قد جذت عند نقطة ما . ففى الثريا ينتهى الحشد عند اللمعان الشديد ، أما فى القلاص فينتهى عند اللمعان الضئيل .

وأكبر الظن أن قمة اللمعان فى حشد ما تدلنا على مدى ما إستنفد الحشد من رصيده . وتدلنا بالتالى على عمر الحشد — فكلما علت قمة اللمعان ، دل ذلك على كثرة النجوم اللامعة فى الحشد ، أى على صغر عمره . وسيتبين لنا توا أن الأخذ بهذا الرأى يؤدى إلى القول بأن حشود فرساوس الكبرى لابد أن تكون حديثة السن ، وأن الثريا أكبر منها بقليل ، وأن الحشود التى تشبه القلاص هى أكبر الثلاثة سنا . ولعله ليس من قبيل المصادفة أن القلاص هو أضعف الحشود تماسكا وأقلهن سكانا وأن فرساوس هو أشدهن تركيزا وأكثفهن سكانا فى هذه السلسلة .

ولعلنا نذكر أن أغلب الحشود الكرية غنية بنجوم ر . ر . السلياق السريعة التذبذب وهى من النجوم التى تتميز بها الجمهرة الثانية ، ويبدو أنها قاصرة عليها . وتحتوى الحشود الكرية أيضا على نجوم متغيرة من طراز و . العذراء ، ر . ف . الثور .

وهذه النجوم تعتبر أيضا من الخصائص التى تمتاز بها الجمهرة الثانية . كما تحتوى الحشود الكرية على عدد — قليل جدا — من النجوم المتغيرة طويلة الأمد . ولهذه النجوم النابضة فى الحشود الكرية سمات عائلية تمتاز بها ، لا تتفق مع الملامح الصميمة الرئيسية لعائلة الجمهرة الثانية ، التى تمتد من النجوم

الباردة المتوسطة اللمعان إلى النجوم الأخفت ضوءا الأشد حرارة ، وتلتقى بنجوم التتابع الرئيسى فى منطقة يقرب اللمعان واللون فيها من لمعان الشمس ولونها . فتلك النجوم المتغيرة تقع على فرع غير متميز من فروع العائلة ، أو فوق هذا الفرع ، الذى يقطع الصورة أفقيا ، على إرتفاع يناظر لمعانا يكاد يبلغ لمعان الشمس مائة مرة . ويحوى هذا الفرع نجوما ذات درجة حرارة عالية ، وقد تفوق درجة حرارة بعضها درجة حرارة نجوم التتابع الرئيسى المساوية لها فى اللمعان .

وينحصر وجود نجوم ر . ر . السلياق على جزء محدود من هذا الفرع الأفقى . وتكاد هذه النجوم تتشابه جميعا من حيث اللون واللمعان . فلا بد إذن أن تكون ذات أحجام متقاربة أيضا ، ولكن مدة ذبذبتها تختلف بين القصر والطول : فقد تقصر حتى لا تتجاوز الساعة والنصف ، وقد تطول حتى لتكاد تبلغ يوما كاملا . أى أن النسبة بين الحد الأدنى للمدة والحد الأقصى لها هى ١ : ١٦ . وهذه حقيقة على جانب كبير من الخطورة فلا يصح أن نمر بها مرورا عابرا .

فإذا صح أن القانون المعروف الذى يربط بين مدة الذبذبة والكثافة المتوسطة للنجم يسرى على نجوم ر . ر . السلياق (وهذا القانون يقضى بأن مربع المدة يتناسب عكسيا مع الكثافة المتوسطة للنجم النابض) ، لكانت النسبة بين أقصى كثافة وأدنى كثافة يمكن أن يبلغ إليها النجم هى ٢٥٠ : ١ . ونحن على يقين يكاد أن يكون تاما أن هذه النجوم ذات حجم واحد ، فلا يمكن أن يعزى الإختلاف الواسع فى كثافاتها المتوسطة إلا إلى إختلاف كبير فى كتلها (هذا إذا لم يكن القانون الذى يربط المدة بالكثافة غير سليم ، وهو أمر لا نستبعده) .

ونحن لا نعرف كتلة أى نجم من نجوم ر . ر . السلياق . ولـكن تساويها جميعا فى اللمعان يسمح لنـا بالقول بأن بعض هذه النجوم ، على الأقل ، متمردة على قانون اللمعان والـكتلة ، ولا يطعن فى صحة حكمنا هذا جهلنا بحقيقة كتل هذه النجوم .

لقد إنحرفنا عن موضوعنا وإستطردنا إلى فكرة سنوليها حقها من الإهتمام فيما بعد ، فإن هناك نجوما أخرى من نجوم الجمهرة الثانية يبدو أنها — هى الأخرى — لا تمتثل لهذا القانون المشهور الذى يربط اللمعان بالـكتلة فلنقصر إهتمامنا الآن على إستجلاء الصورة النموذجية للنجوم المتغيرة فى الحشود الـكرية . ولقد كان مارتن شفارزتشيلد Martin Schwarzschild هو أول من فطن إلى تلك الحقيقة الهامة ، ألا وهى أن نجوم ر . ر . السلياق تنحصر فى نطاق ضيق من اللون واللمعان ، وهذه الحقيقة تفسر لنـا السر فى خلو بعض الحشود الـكرية من هذا النوع من النجوم خلوا تاما ، كما تفسر لنا السر فى وجود مئات منه فى حشود أخرى . ذلك أن الفرع الأفقى للصورة العائلية قد لا يقطع الحشود الـكرية كلها عند نفس اللمعان . فإذا كان هذا الفرع موجودا فى أحد الحشود ، ولـكنه لا يستوعب منطقة ر . ر . السلياق فلن يظهر هذا النوع من النجوم فى هذا الحشد .

ويختلف لمعان الفرع الأفقى فى الصورة العائلية للحشود الـكرية من حشد إلى آخر إختلافا يسيرا ، كما يختلف إختلافا يسيرا مقدار إكتظاظه بالنجوم الأخرى عدا النجوم المتغيرة النابضة . ولقد وجد فى الواقع أن الحشدين الـكريين اللذين أمكن دراستهما حتى سلسلة التتابع الرئيسى لا يختلفان فى نقطة الإتصال فحسب ، بل كذلك فى سـكانها من النجوم المتغيرة ، وفى إرتفاع مستوى الفرع الأفقى فيهما وهذا يؤدى إلى وسيلة نستطيع بها أن نتبين عمر

الحشود الكرية وتاريخها ، ولكنها وسيلة مليئة بالإحتمالات،ولكن الإطناب في هذه الإحتمالات سابق لأوانه . فمن الممكن دائما وضع خط مستقيم لير بنقطتين ولكنا نحتاج إلى معلومات وافية قبل أن تنغمس في تيار التكهنات .

وتعتبر نجوم ر.ر. السلياق أكثر النجوم المتغيرة شيوعا في الحشود الكرية. ولقد عرفنا عن طريق البحوث التي قام بها أ . ه . جوى A. H. Joy بوجه خاص أن نجوم و . العذراء ، ر . ف . الثور هي نجوم صفراء لامعة ، يرتبط لونها ولمعانها وسلوكها ومدة ذبذبتها بعلاقة أكثر تعقيدا من العلاقة المعروفة التي تربط مدة الذبذبة واللمعان للمتغيرات القيفاوية ، فهذه النجوم المتغيرة نابضة كذلك ، ولكن سلوكها يختلف إختلافا تاما عن سلوك القيفاويات .

وللنجوم المتغيرة في الحشود الكرية نظائر في الجمهرة الثانية في المنطقة الهيكلية من مجرتنا . وهذه النجوم اللامعة الصفراء المتغيرة تنبض في موجات تنبعث متتابعة من سطح النجم . وفي الإمكان، ولفترة قصيرة رؤية كل من الموجتين معا أحداهما خلال الأخرى ، كما لاحظ ر . ف سانفورد R. F. Sanford في مرصد مونت ويلسون . أما المتغيرات القيفاوية فلا تبدو كذلك ، بعكس نجوم ر.ر.السلياق (وهي من نجوم الجمهره الثانية كذلك) ، والتي تسلك هذا المسلك كما أوضح كل من سانفورد وستروف. ففي هذه النجوم يستمر وجود الموجتين معا مدة عشرين دقيقة ، وكان كشفهما من أروع ما أسفرت عنه الأرصاد الفلكية .

وللقيفاويات ، وهي النجوم المتغيرة المميزة للجمهرة الأولى ، نموذج عائلي أبسط يخضع للقانون الذي يربط مدة الذبذبة باللمعان . ولا تقل مدة ذبذبة أسرع القيفاويات المتنبضة عن يومين إلا فيما ندر ، وهي تختلف في ذلك إختلافا بينا عن نجوم ر . ر السلياق التي تبلغ مدة ذبذبة أسرعها ٩٠ دقيقة .

وإزدياد اللمعان بإزدياد مدة الذبذبة يصل إلى أقصاه عند مدد ذبذبات أطول من تلك التى وجدت فى حالة معظم متغيرات الجمهرة الثانية ذات اللمعان المماثل .

ولقد وضعت القيفاويات المتغيرة فى الجمهرة الأولى ، فهى تشترك فى الحركة الدورانية داخل المجرة وتتعلق بالمستوى المجرى ، ولكن لم توجد حتى الآن واحدة من نجوم القيفاويات فى حشد مجرى . ومما لاشك فيه أن القيفاويات نادرة فى مجرتنا ، ولكنها من ألمع النجوم ، ومن المعلوم أن شطرا كبيرا من النجوم اللامعة يدخل ضمن نجوم الحشود المجرية .

ويعتقد أمبارتسوميان Ambartsumian أن جزءاكبيرا يقرب من ٩٠ فى المائة من النجوم اللامعة الحارة هى أعضاء فيما يسميه « بالعشائر » ، ولكنه يذكر أن القيفاويات ليست ضمن هذه المجموعات . ويبدو ذلك صحيحا حتى بالنسبة للسحب المجلانية التى تموج بالقيفاويات أكثر من مجموعتنا . فالمتغيرات القيفاوية تتركز حيث توجد العقد الكثيفة من النجوم والسدم اللامعة الحارة .

وإذا كان ثمة أمل فى وضع المتغيرات القيفاوية ضمن الإطار العام للجمهرة الأولى فيجب علينا فيما أرى أن نفترض أن هذه المتغيرات أكبر سنا من نجوم سلسلة التتابع الرئيسية التى تساويها لمعانا والتى توجد فى الحشود المجرية والتى إتخذناها نقطة بداية حينما عرضنا للجمهرة الأولى . فيبدو أن القيفاويات لاتصاحب مجموعات النجوم الصغيرة السن .

وهنا ملاحظة أخرى تؤيد هذا الرأى ، فالنجوم الحارة اللامعة تحدد الأذرع الحلزونية لمجرتنا ، لأنها تنير السدم اللامعة التى إستطاع « مورجان »

Morgan بفضل ضوئها أن يصور الأذرع . ولكن القيفاويات غير موجودة خلال تلك الأذرع الضيقة ، ويبدو أن توزيعها يتبع منحنى الذراع ، ولكنها تنتشر فى شريط عريض بدلا من أن تمتد فى خط رفيع . ويحدث هذا كذلك للقيفاويات التى إكتشفها « هبل » Hubble فى الأجزاء الخارجية من مجرة المرأة المسلسلة التى تشبه مجرتنا فى وجوه عديدة . ولا تقع القيفاويات فى خطوط رفيعة كما هو الحال فى السدم اللامعة التى صورها « باده » Baade والتى تبدو كخرزات العقد . ومن المحتمل أن تكون القيفاويات قد نشأت فى الأزقة الضيقة ولكنها عاشت أمدا يكفى كى تتحرك مسافة صغيرة بعيدا عنها ، ولكن ليس إلى درجة تسمح بتكوين طبقة سميكة فى المستوى المركزى وان كان إلى درجة تكفى لطمس معالم الذراع الدقيقة .

وإذا فرض أن قيفاويات الجمهرة الأولى قد تطورت بالتدريج إلى المتغيرات الصفراء فى الجمهرة الثانية ، فإن الطريق الذى إتبعته فى هذا التطور قد غم علينا وليس لدينا من شعاع ينير لنا السبيل إلا أن هذه القيفاويات تأخذ فى الصغر بمضى الزمن (إذا ظلت محتفظة بلمعانها خلال عملية التحول) . ومن المحتمل أن تستمد هذه النجوم بعض ضوئها من الإنكماش خلال المراحل الأخيرة . وهو إحتمال سنفترضه بالنسبة للنجوم الأخرى فى بعض الأجزاء القادمة من هذا الباب .

بين الجمهرتين

وهناك مشكلة أخرى لم تحل بعد تتمثل فى مجموعة أخرى من النجوم المتغيرة ، وهى النجوم المتغيرة ذات الذبذبة الطويلة المدى وهى نجوم كبيرة منتشرة ، ذات كثافة صغيرة وحرارة منخفضة وتشع ضوءا أخفت من الضوء الذى تشعه ألمع القيفاويات أو نجوم ر . ف . الثور . وهذه المتغيرات لا توجد فى

الحشود المجرية بتاتا، ويندر وجودها (إن وجدت) فى الحشود الكرية . ولذلك يجب أن نبنى آراءنا على مظهرها فى المجرة وهذه النجوم تقع فى حركتها وتوزيعها وسطا بين الجمهرتين ، وتملأ فى الواقع الثغرة بينهما.

ومن الواضح أن هذه النجوم تمثل نجوما فى مراحل الإنتقال المختلفة ، وهى لذلك أكثر مجموعات النجوم أهمية وغموضا . وتؤدى لنا هذه النجوم خدمة كبرى إذ تبين لنا أن الجمهرتين لا يفصلهما حد فاصل دقيق حاسم عند جميع أفرادهما. ولقد رأينا أن هناك إختلافا ضئيلا بين الجمهرتين فيما يختص بالنجوم العديدة المتناهية الخفوت ومما يثير الإهتمام أن بعض النجوم المتغيرة القليلة اللمعان تشارك الجمهرتين فى خواصهما . ولكن ينبغى ألا ننسى أن نجوم ر . ر . السلياق التى لا يزيد لمعانها عن لمعان النجوم المتغيرة ذات المدى الطويل ، مقصورة على الجمهرة الثانية .

التغيرات الملحوظة فى النجوم

أخذنا حتى الآن نوعين نهائيين من صور المجموعات النجمية ، وحاولنا أن نمط فى صورة إحداهما حتى تتحول إلى صورة الأخرى . ومما ينبغى ملاحظته أننا أثناء ذلك قد محونا عن قصد ألمع نجوم الجمهرة الأولى ولم نترك فى الصورة غير النجوم التى لايزيد لمعانها عن لمعان الشمس ألفى مرة . وليس هناك من سبب يبرر تحريفنا للحقائق بهذه الطريقة أو إغفال بعض النجوم إغفالا تاما إلا إذا إستطعنا أن نثبت بذلك أن طبيعة النجوم نفسها تجعلها قادرة على التغير من جمهرة إلى أخرى .

وسنلخص التغيرات التى نلاحظ أن النجوم تعانيها أو التى نفرض أنها تعانيها .

إذا كانت النجوم تعيش حقا على الأيدروجين الموجود فى باطنها ، فيجب أن تحتفظ هذه النجوم بكتلها دون تغير يذكر . ذلك أن الأيدروجين لا يفنى ولكن « يتجمد » إلى هيليوم (وهذا إذا جاز لى أن أطلق هذا الوصف على عملية تحدث عند درجة حرارة تبلغ ٢٠ مليون درجة) . ويترتب على هذا التحول نقص فى الكتلة يقرب من ٠٫٧ فى المائة . فإذا كان النجم مكونا بأجمعه من الأيدروجين فإنه لا يفقد غير هذا الشطر الصغير من كتلته عند ما يتحول كله إلى هيليوم ،ويستتبع ذلك أن تظل كتلة النجم فى جوهرها كما هى (هذا فيما يختص بالإستهلاك النووى للأيدروجين) فإذا أمتثل النجم لقانون الكتلة واللمعان خلال حياته . فإنه لن يحتفظ فقط بلمعانه ، بل إن لمعانه سيزداد فى الواقع قليلا تبعا لإزدياد الوزن الجزيئى المتوسط له ،كما سبق أن أشرنا فى الباب الأول . ومن ذلك نرى أنه مادام النجم محافظا على بقائه عن طريق الدورة الكربونية أو عن طريق غذاء أيدروجينى مماثل ، وكان يتبع قانون الكتلة واللمعان فإنه سيبقى على نفس الخط الأفقى فى الصورة المتفق عليها ، التى تبين تغير اللمعان مع درجة الحرارة (شكل ١٠) ، وقد يرتفع النجم قليلا فوق هذا الخط .

فإذا إحتفظ نجم بكتلته تقريبا على الدوام،وامتثل لقانون الكتلة واللمعان ، فإن لمعانه يظل ثابتا دائما على الوجه التقريب . وعلى هذا الأساس يظل النجم لامعاً إذا حدث أن كان لامعا (حتى يتم افلاسه) . كما أن أى إمتداد أو إنحراف ممكن للصورة العائلية سيكون أفقيا أو صاعدا .

ونحن نفترض فى هذه النتيجة أن تقليب مادة النجم مستمر ، فبذلك يظل الأيدروجين فى حالة حركة ويحل أيدروجين جديد مكان الأيدروجين الذى أستهلك . أما النجم الذى لا تقلب مادته جيدا (ومن المحتمل أن يساعد

دوران النجم على تقليبه ، فقد يأخذ فى الخفوت كما يحتمل أن تبرد مادته . السطحية بمرور الزمن ، وقد يزداد فى النهاية خفوتا .

هذا هو ما نتصور النجم فاعلة ، ولـكن ما الذى تفعله النجوم فى الواقع المستمد من مشاهداتنا ؟ قد يكون قذف المادة إلى الخارج هو أهم ما يسترعى النظر ، فالنجوم التى تدور بسرعة تقذف بالذرات من سطحها ، فتدور هذه الذرات حول النجوم مكونة مناطق من الذرات المتوهجة ، كما هو مشاهد حول بعض النجوم الـكسوفية مثل ر . و . الثور .

وفيما يختص بالنجوم الأخرى (وهى كبيرة العدد) يعطى المطياف على دلائل على حدوث قذف ذرى ، يكون أحيانا على شكل رذاذ متصل وأحيانا على شكل إندفاع ، ومثل هـذه الأرصاد لا تدعو إلى العجب إذا تذكرنا ما تقدمه الشمس من عرض مستمر لألسنة اللهب التى تخرج منها ، ومايزخر به سطحها من أمواج وأشواك وما شابه ذلك . ويجب ألا ننسى كذلك ذلك القذف الذى يسترعى الأنظار أكثر من غيره ، وهو الطوفان الذى يمزق سطح النجوم الجديدة كله ، نتيجة لبعض الإنفجارات التى تحدث تحت السطح . وتحدث مثل هذه الطوفانات للنجوم الجديدة اللامعة مرة كل مليون عام . أما النجوم الجديدة المعتدلة فتعانى ذلك مرة كل عشر سنوات أو نحوها . أما النجوم الجديدة التى يطلق عليها إسم الأقزام الجديدة فتتكرر هذه العملية فيها كل بضعة أسابيع على نطاق أضيق .

فهل لدينا الآن أمثلة لفقدان سريع للـكتلة يؤدى إلى إزاحة النجوم رأسيا على الشكل كما يزيحها أفقيا ؟ مما لا شك فيـه أن هناك فقدانا للمادة ، ولـكن عندما نقيس هذه الخسارة نجد أن الطوفان لا يصل إلى حد الـكارثة . فقد يفقد النجم جزء من ألف جزء من مادته عند كل إنفجار ، فإذ حدث ذلك بمعدل مرة كل مليون سنة ، فلن يكون هناك نقص خطير فى الوزن إلا بعد مضى زمن يقرب من الأفق الزمنى . وفضلا عن ذلك فالنجوم الجديدة هى

نجوم استثنائية ، وذلك على الأقل من وجهة النظر التى نعتبرها أفرادا فى الجهرة الأولى ، أما حركتها وتوزيعها فيرشحانها لتكون أفرادا فى الجمهرة الثانية . وبين كل انفجار وآخر تبدو هـــذه النجوم فى مظهرها كأشباه الأقزام . وانى أعتقد أن هذه النجوم قد إستغرقت وقتا طويلا حتى وصلت إلى هذه المرحلة .

وقد درجنا على تخيل الجمهرة الثانية من النجوم نجوما مسنة ، وقد تمثل النجوم الجديدة حالات النزع الأخير للنجوم التى تسير قدما نحو الفناء ، ولكنها لازالت تشتمل على كمية من الأيدروجين ، على الأقل عنـد سطحها ، مما يحفظ عليها بقاءها إلى حين ، وإن كان نصيب باطنها من الأيدروجين أقل من نصيب سطحها . وكل إنفجار يحدث لهذه النجوم هو خطوة نهاية المطاف ، وتتوالى الإنفجارات فى هـذه النجوم فى أزمنة تقصر شيئا فشيئا ، وبعنف متناقص ، فتسير فى الطريق الذى يؤدى بها من نجوم جديدة عادية إلى نجوم جديدة متكررة ، حتى ينتهى بها الأمر فتصبح من النجوم الجديدة القزمية ينتابها إنفجار خفيف كل بضعة أسابيع . أما مايحدث بعد ذلك فأمر لا أجرؤ على التنبؤ به .

ولكن هناك إنفجارات من نوع آخر تبدو على شكل كوارث حقيقية ، وهى التى تحدث للنجوم فوق الجديدة التى تنتحر فعلا ، وتقذف بمعظم مادتها بعنف فى الفضاء . ويشاهد حتى اليوم بقايا كارثة نجمية من هـذا النوع وقد تبعثرت الأشلاء فى الفضاء ، فلا زالت هناك بقايا نجم ، قد يكون قزما أبيض — سديم أبو جلمبو (اللوحة التاسعة) — وهى أشـــلاء إنفجار نجم فوق جديد شوهد عام ١٠٥٤ . ولابد أن يكون للنجوم فوق الجديدة مواضع فى الصورة العائلية تختلف عن مواضع النجوم الجديدة العادية . والنجوم الفوق الجديدة نادرة ، فقد يولد واحد منها فى سديم كل بضعة قرون.

وعلى هذا الأساس لايحتمل أن يتعدى نسبة وجود هذه فى مجرتنا ١ : ١٠٠٠٠ منذ مبدأ أفق الزمان . ولما كان ما يوجد من الأقزام البيضاء فى مجموعتنا النجمية قد يزيد عن عدد النجوم فوق الجديدة مائة مرة فلا يمكن أن تكون النجوم فوق الجديدة هى المصدر الوحيد للأقزام البيضاء .

ومن المؤكد أن هناك عددا كبيرا من النجوم الجديدة ومادونها تقذف فى الفضاء بجزء من مادتها ، إما باستمرار أو على فترات متقطعة . ولكن يبدو أن هذا القذف لايحدث بكميات كبيرة تكفى لإزاحتها عن مواضعها كثيراً فى صورة المجموعة النجمية . وهذه النجوم تتزحزح قليلا إلى أسفل فى الصورة كلما سكبت شيئا من مادتها ، ولكن هذه الحركة لاتكاد تبعدها كثيرا عن مواضعها .

لنبحث الآن الإحتمال المضاد ، وهو أن النجوم تلتقط المادة أثناء سيرها فى الفضاء ، فتتغذى على الغبار والغاز الموجودين فى الفضاء الواقع بين النجوم. من الممكن أن يفعل النجم ذلك حقا ، ولكن يجب أن تتوافر الظروف الملائمة لذلك . فإذا كان النجم أشد حرارة مما تقتضيه هذه الظروف فإنه سيقذف بهذا الغذاء الموضعى مرة أخرى إلى الخارج ، وإذا كانت حركته أسرع مما يجب فإن المأدبة ستفوته . ولقد قدر أنه لكى يلتقط النجم كميـــة ذات قيمة من الغذاء الموجود فى الفضـاء الواقع بين النجوم ، يجب أن يكون النجم أكبر كتلة من الشمس ، وألا يكون حارا جداً ، وأن يظل فى السحب الكثيفة فترة لاتقل عن عشرة ملايين سنة . وربما لاشك فى ما إذا كان إستهلاك الغبار والدخان عاملا هاما فى زيادة كتلة النجوم يؤدى إلى إزاحتها إلى أعلى فى الشكل .

التغـذية والعمالقة الحمر :

هل هناك عمليـات نووية غير معروفة يمكن بواسطتها بقاء النجوم ،

بالإضافة إلى عملية إستهلاك الأيدروجين ؟ نعم ، هناك عدد من هذه العمليات فالنجم يستطيع البقاء بإستهلاك الليثيوم ، والبريليوم والبورون ، وتتم هذه العمليات فى درجات حرارة منخفضة نسبيا ، تجعل الأمور سهلة للنجوم العمالقة ،(أو للفلكيين الذين يحاولون فهم هؤلاء العمالقة !) . ولكن العقبة فى مثل هذه العمليات هى ندرة هذه المواد ، فمثل هذه العمليات لا يمكن أن تقيم أود النجم مدة طويلة ، وربما تتغذى النجوم عليها فى طفولتها مدة ما . ولكن الأيدروجين هو الوحيد بين الذرات الذى يمكن أن يكون غذاء مستمرا يشبع النهم ، وذلك لسبب بسيط هو أن الكون بأجمعه يكاد يكون مكونا من الأيدروجين .

ومن المسائل الملحة التى تتطلب الحل ، مسألة غذاء العمالقة الحمر من النجوم ، فهذه المسألة مرتبطة بالناحية الفنية الخاصة بالتركيب الداخلى للنجوم . فإذا كانت العمالقة الحمر تشبه بقية نجوم سلسلة التتابع الرئيسية فى التكوين ، فإن درجات حرارتها ، التى تتوقف على النسبة بين الكتلة ونصف القطر ، يجب أن تكون منخفضة إلى حد كبير ، فلا تكفى هذه الحرارة لهذه الدورة الكربونية التى يستهلك فيها الأيدروجين . وقد يصلح تفاعل البروتون بالبروتون ، ولكن أمامه كذلك كثيراً من العقبات . وحتى الآن لم يقض فى هذه المسألة بقول فصل . إذن ، فما هى الطريقة التى تنبعث بها الطاقة فى العمالقة الحمر .

هناك مدرستان للفكر فى هذه المسألة المعقدة ، ولكل منهما فروعاً . فأنصار إحدى هاتين المدرستين يسعون بطرق مختلفة إلى إدراج مراكز عمالقة النجوم بحيث تكون هذه المراكز فى درجة مرتفعة من الحرارة . وقد نجحوا فى ذلك إلى حد ما بالرغم من أن أحدا لم ينجح حتى الآن فى وضع نظرية يمكن أن تفسر لنا كيف يمكن للعمالقة العليا المتطرفة الحمراء أن تواصل حياتها . أما المدرسة الأخرى فقد آثرت العودة إلى نظرية الإنكماش

التى وضعها بعض العلماء منذ خمسين عاما لتفسر إستمرار الشمس فى إشعاعها ، ولكن الشمس نجم ذو كتلة ضئيلة ، وربما أمكن لنجم أثقل منها أن يحافظ على بقائه مدة أطول — بما يتوافر لديه من الطاقة التجاذبية الناشئة عن إنكماشه . ومن المحتمل أن تكون النجوم المتغيرة نجوماً آخذة فى الإنكماش. وإذا إعتبرنا سلسلتى النجوم المتغيرة اللتين تتميز بهما الجهرتان الأولى والثانية ، وجدنا أن أفراد السلسلة الثانية تبلغ فى قطرها ربع قطر أفراد السلسلة الأولى التى تساويها فى اللمعان .

ونحن لا ندرى مدى إستجابة النـــجوم التى تحتفظ ببقائها جزئيا على الإنكماش ، لقانون الكتلة واللمعان . من المحتمل ألا تخضع النجوم المتغيرة لهذا القانون ، وليس لدينا وسيلة لتقدير كتلة نجم دورى التغير ، ويوحى المسلك الغريب لهذه النجوم بأنها تختلف عن النجوم الأخرى المساوية لها فى اللمعان إختلافا بيناً . وفى الإمكان أن نتصور أن يكون الإنكماش مصحوباً بخفقان ، ولكن هناك أمرا مؤكداً هو أنه إذا كانت هذه النجوم تنكمش فلا بد أنها تفعل ذلك بمنتهى البطء ، و إلا تغيرت مدتها تغيرا ملحوظا . ومن المؤكد أن تنظيما داخليا هاماً يحدث باستمرار لنجوم ر . ر السلياق ، اذ أن لها جميعاً نفس اللمعان والحجم ، بالرغم من إختلاف كثافتها ، كما سبق أن رأينا (وذلك على فرض أنها تخضع للعلاقة المعروفة بين مدة الذبذبة والكثافة) .

وإذا كان للإنكماش أن يمد نجما بالطاقة حينا من الدهر مقدورا ، فلا بد أن يؤدى إلى تحول باطن النجم إلى الحالة التى يكون عليها القزم الأبيض ، وبذلك قد يصل العملاق المتطور فى النهاية إلى مرحلة النجم فوق الجديد ، حيث يكشف الإنفجار الأخير عن قلب النجم المحطم .

ومن الممكن أن تنجلى مسألة النجوم العمالقة الحمر إذا تذكرنا أن هناك أنواعا مختلفة من هذه العمالقة . فلا بد أن تكون مجموعة النجوم الحمر فوق العمالقة العليا الواقعة بالقرب من حشدى فرساوس التوأمين هى نجوم صغيرة السن . ولقد وجدنا من الأسباب ما يدعو إلى الإعتقاد بأن هذه الحشود الصغيرة صغيرة السن ، وقد تكون أفرادها الضخمة الحمراء نجوما مسرفة لا ينتظر لها حياة طويلة .

ونجوم الجمهرة الأولى الضخمة المنتشرة مثل « الدبران » و « العيون » ينتظر لها حياة أطول من ذلك ، ولكنها لا تعتبر حياة طويلة جدا . وتخضع « العيون » لقانون الكتلة واللمعان ، ومدى حياتها المقبلة يبلغ حوالى ٢٠ مليون عاما ، وذلك على أساس إستهلاكها الحالى للوقود كما يرى من الجدول (١) .

أما النجوم الحمر الكبيرة التى تأتى على رأس النجوم الهامة فى الصورة العائلية للحشود الكرية فأمرها يختلف عن ذلك تمام الإختلاف ، وإذا كنا على صواب فى الظن بأن مثل هذه المجموعات العائلية مسنة ، فكيف بقيت تلك النجوم الحمر على قيد الحياه ، وما السر فى ذلك ؟ . وحتى إذا إفترضنا أن تركيبها يمكن تعديله بحيث يحقق الشروط اللازمة للدورة الكربونية ، فإن حياتها المقبلة تعادل الحياة المقبلة « للعيون » ، وذلك على أساس أن كتلة هذه النجوم تعبر عن لمعانها بالطريقة العادية وبذلك يكون مدى حياة هذه النجوم لا يزيد عن العمر المحتمل للحشود الكرية .

ويجدر بنا الآن أن نقرر أن طيف النجوم اللامعة الباردة فى الحشود الكرية لا يشبه إطلاقا طيف نجوم الجمهرة الأولى المماثلة لها فى اللون واللمعان ، (وذلك بعد أن تمكنا بعد عناء كبير من تسجيل أطياف هذه النجوم) كما أن التركيب الكيميائى لنجوم الجمهرة الثانية يختلف إختلافا بينا . ومن المحتمل أن

يكون مقدار ماتحتويه نجوم هذه الجهرة من أيدروجين أقل مما تحويه هذه النجوم اللامعة الباردة ، مما يعد دليلا على إستهلاكها بعض غذائها إستهلاكا جزئياً .

وتعطى النجوم القليلة ذات السرعة الفائقة معلومات أهم (وهذه النجوم أفراد من الجهرة الثانية) وهى نجوم من العمالقة الحمر ويمكن مقارنتها بالعمالقة الحمر فى الحشود الكرية . وقد رأينا فى الباب السادس أن النجم السماك الرامح وهو أشهر النجوم ، أقل لمعانا مما يجب ، وهو لايخضع لقانون الكتلة واللمعان ، فتكون حياته المقبلة أطول . والرقم الذى أعطى فى الجدول (١) للحياه المقبلة للنجم السماك الرامح وهو خمسون مليون عام ، ليس كبيراً إلى حد الوصول إلى الأفق الزمنى ، ولكنه يدفعه نحو هذا الإتجاه ، ويبدو أن كثيرامن العمالقة الحمر ذوات السرعة الفائقة أقل لمعانا مما ينتظر ، كما بين «كينان » Keenan ومن المحتمل أن تكون جميع النجوم الحمر اللامعة فى الحشود الكرية أثقل مما يستدل عليه من لمعانها إذا طبقنا قانون الكتلة واللمعان .

وإذا كانت النجوم اللامعة فى الحشود الكرية أقل لمعانا مما ينتظر فإن ذلك يعنى إمتدادا فى عمرها ، كما أن ذلك يمدنا بإجابة مقبولة على سؤالنا الخاص بمصير النجوم اللامعة فى الجهرة الأولى التى تفوق النجوم العمالقة . وكما سبق أن رأينا ،لاتشتمل الحشود الكرية على نجوم سلسلة التتابع الرئيسية فحسب ، بل يحتوى كثير منها على عمالقة حمر . ويبدو أن العمالقة الحمر فى كل حشد تقع بالقرب من المستوى الذى تنتهى عنده سلسلة التتابع الرئيسية ، فى الصورة العائلية ، وفى الناحية العليا منها . فهل نحن نشاهد بداية تقدم صوب جمهرة من النجوم العمالقة الحمر ؟. من المحتمل أن يكون للعمالقة الحمر فى كوكبة القلاص كتل أكبر مما يستدل عليه من لمعانها . ومن المحتمل أن تمثل هذه النجوم طورا من الاطوار التى تمر بها نجوم مثل رجل الجبار ، أو مثل النجوم

اللامعة فى كوكبة الثريا حينما تقترب من نهاية حياتها ، فتكون هذه الأطوار هى الخطوة الأولى فى الطريق الذى ينتقل بها إلى رأس عائلة من عائلات الجمهرة الثانية . ومن المحتمل أن تكون هذه النجوم محتفظة ببقائها عن طريق الإنكماش مع عملية نووية تنحدر نحو الزوال ، فيكون للإنكماش فى النهاية الدور الأعظم .

وبعد هذا العرض المختصر للعمليات الممكنة التى يمكن أن تتغير بها النجوم سأقوم بتلخيص آرائى بأن أذكر أن فقدان الكتلة عن طريق القذف ، أو إكتساب الكتلة عن طريق التغذية على المادة الواقعة بين النجوم تقتصر أهميتها على عدد قليل من النجوم فقط ، ولا يمكن أن يكونا من العوامل الأساسة فى تطور النجوم على وجه العموم . فإستهلاك الأيدروجين وإستنفاذ إمداداته فى النهاية هو السبب الرئيسى لتغير النجوم . أما فيما يختص بالعمالقة الحمر فلم تدرس نماذجها الخاصة كما لم تدرس إحتمالات الإنكماش دراسة كافية تؤدى إلى نتيجة حاسمة ؛ وإن كان بعض العمالقة الحمر قد تبقى آجالا كونية طويلة، إذا أصبحت أقل لمعانا مما يجب ، وأخذت تستمد بعض الطاقة من إنكماشها . فإذا تقبلنا هذه الآراء بقبول حسن فإن الطريق الذى تتبعه النجوم فى تطورها يتعين منذ البداية . فالنجوم تبدأ بكتلة ما وتظل ثابتة على وجه التقريب طيلة حياة النجم . كما أن ما يولد من النجوم الصغيرة الكتلة أكبر عددا بكثير مما يولد من النجوم ذات الكتلة الكبيرة.

ميلاد النجم :

بذلك نعود إلى موضوع ميلاد النجوم . والآراء الخاصة بأصل النجوم تتبع نفس الطريق الذى تسير فيه آراؤنا الخاصة بأصل المجموعة الشمسية . وقد إختفت الآن الصورة التى رسمت منذ خمسين عاما لأصل المجموعة الشمسية ، حيث تخيلنا أن الشمس هى أم الأرض . أما الآن فنعتقد أن الأرض أخت الشمس الصغرى . وقد رددنا تطور المجرات إلى دوامات الغاز

الأولية . وإنى أعتقد أن النجوم لابد أن تكون قد تكونت من الغبار والحبات الموجودة داخل الغاز نتيجة لهذه الدوامات .

وهـذا ما أعتقد هو السبب فى كبر المجموعات المسنة ، وإزدحامها ، (وأعتقد أن الحشود الكرية متصفة بهذا الوصف) ذلك أنها تكونت فى الوقت الذى كانت فيه المادة النجمية متوافرة . وبهبوط طبقة الغبار والغاز صوب مستوى المجرة ، إستمرت النجوم فى التكون . ولا يزال الغبار والغاز كثيفين فى طبقة رقيقة ، لذلك تتكون النجوم فى هذه الطبقة الآن . وتتوقف فرصة تكوين نجم على حركة الغبار وكثافته وضوء النجوم القريبة — ومن المحتمل أن يستغرق خروج نجم من غمار الغبار ووصوله إلى درجة اللمعان مدة تقرب من مليون سنة .

ولكن كيف تبدو هذه النجوم الأولية ، هذه النجوم لابد أن تتكاثف على شكل كرى ، ويكون هذا التكاثف بطيئا فى البداية ، ثم يزداد سرعة فتسخن النجوم بسرعة تبعا لذلك ، وترتفع درجة حرارة باطنها إلى الحد الذى تبدأ عنده العمليات النووية ، عند ذلك يصبح النجم نجما . وإذا أردنا تلمس مثل هذه النجوم فعلينا أن نقوم بفحص الطبقة الرقيقة الواقعـــة فى مستوى المجرة للعثور على النجوم الحارة الذى يكون غشاؤها الخارجى فى حالة حركة عنيفة . فهل نجوم ولف رايت قد ولدت حديثا ؟ إن هذه النجوم لازالت ملتصقة بمستوى المجـرة ، وتسكن الأذرع الحلزونية ، وهى شائعة بوجه خاص فى السحابة المجلانية الصغيرة السن وهى السحابة الكبرى حجما ، وتنطبق على هذه النجوم جميع الشروط المطلوبة .

وهناك مكان آخر نرى فيه نجوما قد تكون فى طور الميلاد ، فى داخل بعض السدم الكبيرة المظلمة ، مثل السدم الموجودة فى كوكبتى الثور والجبار

نرى نجوما غريبة محاطة بعروق من الغاز المنير ، قد تكون نجوما فى طور التكوين . وهذه النجوم كثيرة العدد إلى حد لا يعقل معه أن تكون نجوما عابرة تمر بهذه الأماكن عن طريق المصادفة وتلتقط شيئا من المادة أثناء هذا العبور ، وإن كان بعض الفلكيين يفضل مثل هـذا التفسير . وإذا ألقينا نظرة على ماتم تكوينه من النجوم فلا يمكن بأى حال أن ننكر أن النجوم الصغيرة الخافتة لابد أن تكون قد تكونت بأعداد أكبر بكثير من النجوم الأخرى .

ولكن ماهى التجارب التى سيمر بها النجم الحديث الولادة؟. من الواضح أنه لابد أن يكون مثل هـذا النجم فى حالة دوران ، لأنه قد ولد بفضل المساعدة التى تلقاها من الحركة الدوامية ، وقد قامت بعض النظريات الخاصة بتطور النجوم على أساس هذه الحركة الدورانية وبنيت عليها كثير من النتائج ، فترى أن هذه الحركة هى التى تؤدى إلى شطر النجم إلى شطرين ، وقد يتم ذلك على عدة خطوات تؤدى فى النهاية إلى مجموعة متعددة الأجزاء كما هو الحال فى نجم رأس التوأم المقدم، ولما كانت الغالبية العظمى من النجوم مزدوجة ، فلا بد لكل نظرية من نظريات التطور أن تفسر هذا الميل إلى الإزدواج إذا أريد للنظرية البقاء . لذلك يعتبر هذا الشرط قد أستوفى إذا إفترضت النظرية أن الغالبية العظمى من النجوم قد تكونت بإنشطار النجوم الأولية التى تدور بسرعة . ومن الأمور ذات الدلالة أن النجوم اللامعـــة الحارة هى أسرع النجوم تدويما ودورانا (وهى تدور جميعا دون إستثناء) ،بينما النجوم الخافتة مثل الشمس وما هو أدنى منها لمعانا فحركتها الدورانية صغيرة ، إلا إذا كانت أفرادا من مزدوجات متقاربة .

وهناك مزية أخرى للرأى القائل بأن النجوم الحديثة الولادة تدور بسرعه ثم تنقسم ، ذلك أن هذا الدوران يدفع بهذه النجوم نحو أسفل سلسلة التتابع الرئيسية . فقانون الكتلة واللمعان ينص على أن اللمعان يتناسب مع

مكعب الكتلة ، أو يزيد عن ذلك قليلا ، فإذا إنشطر نجم إلى قسمين متساويين ، وظل كل منهما خاضعا لهذا القانون ، فسيكون لمعان كل منهما مساويا لجزء من ثمانية أجزاء من لمعان النجم الأصلى ، وإذا تكررت العملية عدة مرات فإن ذلك يؤدى إلى توزيع النجوم الناتجة فى أجزاء متباعدة من سلسلة التتابع الرئيسى ، كما هو الحالة فى مركبات نجم رأس التوأم المقدم.

المزدوجات الغريبة بين النجوم

ولكن الأمر ليس إلى هذا الحد من البساطة ، فهذا الرأى لايمكن أن يفسر واقع الحال فى الشعرى اليمانية فرفيق الشعرى اليمانية أقل من الشعرى اليمانية وزنا ، وإذا كان هذا هو الحال دائما (كما يبدو محتملا) ، فإن رفيق الشعرى اليمانية لابد أن يكون قد قطع شوطا أقل فى الطريق إلى الإفلاس بدلا من أن يكون قد وصل إلى هذه الحالة ، ومن الممكن أن يفترض المرأ أن هذا النجم قد تكون أصلا من مادة فقيرة فى الأيدروجين .

وهذه الصورة التى رسمناها لرفيق الشعرى اليمانية تؤدى إلى الإعتقاد بأن الشعرى اليمانية ورفيقه لم يكونا يوما ما وحدة واحدة ، وأنهما قد تكونا معا من مادة غير منتظمة التكوين . وهناك مدرسة أخرى للفكر غير المدرسة التى تعتقد بأن النجوم الثنائية قد نتجت عن الإنشطار ، وتفترض هذه المدرسة أن النجوم الثنائية لم تتكون من إنشطار نجم واحد ، وأن النجمين قد ولدا فى وقت واحد من الغبار الواقع بين النجوم . وهناك مايدعم هذا الرأى فلا يمكن أن يفترض المرء مثلا أن الحشد النجمى قد تكون من إنشطار نجم دوار . كما أن بعض المجموعات كالمجموعات المرافقة للشعرى اليمانية تحتاج لتفسير وجودها إلى إفتراض أصل مستقل لكل منها . ولكننى لا أظن أن الدلائل على دوران النجوم اللامعة الحارة ، وعدم دوران النجوم الأكثر خفوتا من الشعرى اليمانية بالإضافة إلى العدد الكبير من النجوم

المزدوجة المتناهية القرب بعضها من بعض ، كل هذا لايمكن تفسيره بغير الإنشطار .

وهناك طريق آخر يحتمل أن يصل به الشعرى اليمانية ورفيقه إلى المرحلة الحالية . فإذا كانت مجموعة الشعرى اليمانية وقت ما مزدوجا مثل الغول «أو حتى مثل الجديان »،فإنها تتكون من نجم من سلسلة التتابع الرئيسية مع نجم ينتظر له حياة أقصر . فالنجم الأحمر فى مجموعة « الغول » يحتمل أن يكون فائق اللمعان إذا كان مشابها للنجوم الحمراء والمناظرة فى المجموعات التوأمية المماثلة . ومن المؤكد أن لكثير من المزدوجات المشابهة « للغول » هذه الخاصية ، وذلك كما أكد ستروف . ومن المحتمل أن يكون رفيق الشعرى اليمانية قد وصل إلى حالة القزم الأبيض بسبب شدة إسرافه فى الماضى ، فكان لمعانه أكبر مما تحتمله كتلته (كما ينتظر من قانون الكتلة واللمعان) ، فاستنفد رصيده قبل رفيقه من سلسلة التتابع الرئيسية . ولكن هذا الرأى لايمكن إعتباره تفسيراً ،إذ أنه يؤدى بنا إلى مشكلة أخرى وهى : ماهو تاريخ مجموعة نجمية تشتمل على نجم عادى ونجم فائق اللمعان ؟ وقد تقدم ستروف بإقتراح ينص على أن مثل هذه المزدوجات قد تكونت حديثا ولم يمض عليها الوقت الكافى لكى تستقر . غير أن آراءنا وإن كانت لاتمدنا بتفسير أساسى ولكنها توحى بالطريق الذى يمكن بواسطته إشتقاق نوع ما من المجموعات النجمية من مجموعة أخرى معروفة ، وبذلك تتحول مسألتان إلى مسألة واحدة .

وربما نكون الآن فى الطريق إلى الإعتقاد بأن العلاقة التى تربط الكتلة باللمعان هى فى الأساس خاصة لنجوم سلسلة التتابع الرئيسية . فمعظم النجوم التى يمكن قياس كتلتها هى أفراد من هذه السلسلة . كما أن بعض أشباه العمالقة من النجوم وبعض شوامخ العمالقة هى نجوم فائقة اللمعان . كذلك بعض نجوم الجمهرة الثانية هى نجوم قاصرة اللمعان ولعلنا خلال طلبنا للتناسق

قد تعدينا الحدود فى تبسيط العلاقة بين اللمعان والكتلة وأغفلنا بذلك بعض الإنحرافات التى تقبض على مفتاح الحل لمسألتنا . إن معظم النجوم التى نعلم بأنها فائقة اللمعان — كالرفاق المنتشرة من نجوم « الغول » وأفراد مجموعات و . الدب الأكبر (الأقزام التوائم) — هى أفراد من مزدوجات شديدة القرب ، ويعد ذلك دليلا على صغر سنها نسبيا . . . ونجوم و . الدب الأكبر تدور بسرعة كبيرة كذلك وهذه صفة أخرى أصبحنا نراها ملازمة لحداثة الأصل . وقد بدأ الشك يغزو أفئدتنا أن تكون نجوم الجمهرة الثانية اللامعة قاصرة فى اللمعان (وإن كان ذلك مبنيا على أسس واهية لأن معلوماتنا عن كتلها غير مباشرة) . ومن المحتمل أن تكون « الزيادة فى اللمعان » صفة مميزة للنجوم الصغيرة السن ، وأن يكون « القصور فى اللمعان من صفات النجوم المعمرة » ولكن لابد أن يكون هناك عوامل غير معروفة حتى الآن تعدل الميل للإتصاف بهذه الصفات . وتدخل الكتلة والدوران والتركيب الداخلى والتكوين الابتدائى ضمن هذه العوامل ومن المحتمل أن تتداخل كل هذه العوامل مع بعضها البعض .

طريق ممكن للتطور النجمى

وسأنهى هذا الكتاب برسم طريق للتطور النجمى ، وهى آراء شخصية خاصة . فالنجوم تتكون من الغبار الواقع بين النجوم ، وتكون غالبية النجوم عند ولادتها صغيرة ، أما الكبيرة فقلة ، والمتناهية فى الكبر أقل بكثير . وتنكمش النجوم الأولى بسرعة ، فتسخن تبعا لذلك وتبدأ فى اللمعان ، ويكون معظمها نجوما فى سلسلة التتابع الرئيسية .والنجوم الشابة التى تتكون من الغبار الواقع داخل الغاز المتدوم والواقعة تحت تأثير إشعاعات النجوم الأخرى المحلية ، فإنها تبدأ حياتها بميل نحو الدوران . أما مايدور منها بسرعة فيعانى إنشطارا (وربما كان ذلك فى المرحلة السابقة لتكونه ، وربما بعد البدء فى اللمعان) ، ثم تتوزع الأجزاء على سلسلة التتابع الرئيسية ويكون

لهذه النجوم جميعاً نفس التركيب ، غير أن الثقيل منها يكون أشد حرارة عند المركز . ثم تأخذ هذه النجوم فى إستهلاك أيدروجينها بمعدل يتوقف على كتلتها ، وتبدو المجموعة بذلك على شكل حشد مجرى .

وعندما تبدأ النجوم الأكثر لمعانا فى إستهلاك رصيدها من الأيدروجين ويأخذ هذا الرصيد فى النفاذ ، فإنها تأخذ فى الإبتعاد عن سلسلة التتابع الرئيسية ،متجهة نحو اليمين إذا كانت لاتدور فلا يسهل تقليب مادتها . وفى نفس الوقت تبدأ هذه النجوم فى تكوين أغلفة كبيرة وتصبح نجوما عمالقة ، قد تنحو بالتدريج نحو الخفوت ، وتأخذ فى النهاية موضعها فى سلسلة العمالقة التى توجد فى الحشود الكرية (الجمهرة الثانية) . وللنجوم المتغيرة دور فى هذا التحول ، ولكنى أعترف بأنى لاأعلم ماالذى يميزها عن النجوم العمالقة الحمر غير المتغيرة . وتبدو الأولى ألمع من الأخرى إذا قورن اللون باللون وهذا يدل على وجود بعض الإختلاف ، ولكن أهو إختلاف فى التركيب أم فى التكوين ؟ إنى لاأحب التخمين . ولكنى أظن أن النجوم المتغيرة فى الجمهرة الأولى هم أسلاف النجوم المتغيرة فى الجمهرة الثانية ولكن وجود ذلك العدد الهائل من نجوم ر . ر السلياق (فى الجمهرة الأخيرة) يحتاج إلى تفسير ، كما أنى غير واثقة أن ذلك العدد المشاهد من القيفاويات يتسق مع هذه الفكرة . على أنه من المهم أن نلاحظ أن السحابة المجلانية الصغرى (التى تبدو أكبر سنا من الكبرى كما سبق أن رأينا) تشتمل على عدد كبير من القيفاويات ذات التغذية القصيرة المدة التى يحتمل أن تكون فى طريقها إلى التحول إلى نجوم ر . ر السلياق .

وبجانب النجوم القليلة التى تتحرك نحو اليمين من موضعها فى سلسلة التتابع الرئيسية لتصبح من العمالقة ،يوجد على وجه الإحتمال نجوم تتحرك

صوب اليسار قليلا لتصبح فى الوقت المناسب أشباه أقزام وهى أفقر فيما تحتويه من أيدروجين من نجوم سلسلة التتابع فتكون بذلك نموذجا لنجوم الجمهرة الثانية . وهذه النجوم ، أو على الأقل بعضها ، ستؤول فى النهاية على وجه الإحتمال إلى نجوم جديدة ، وتدفع نفسها إلى أسفل فى سلسلة أشباه الأقزام ذات الإنفجارات الآخذة فى التضاؤل التى تحدث فى فترات آخذة فى القصر والمصير النهائى لهذه النجوم هو مرحلة الأقزام البيضاء . ومما يثير الإهتمام أن يكون لمعظم الأقزام البيضاء المزدوجة رفقاء من النجوم الحمر الخافتة . أما ذلك القليل من الأقزام البيضاء المزدوجة ، مع نجوم ألمع منها من سلسلة التتابع الرئيسية ، مثل الشعرى اليمانية والشعرى الشامية ، أو المزدوجة مع عمالقة حمر متغيرة مثل نجم ميرا سيتاى فتمثل مسألة أخرى .

وقد أثبت الفلكيون ببراهين مقنعة أن النجوم التى يقل ثقلها عن ثقل الشمس مرة ونصف مرة هى فقط التى تستطيع الوصول إلى طور الأقزام البيضاء . أما النجوم الأثقل التى تستنفد رصيدها من الأيدروجين فمن المحتمل أن تتبع طريقا آخر . ومن الممكن أن يمثل إنفجار النجوم فوق الجديدة عملية تصفية لهذه النجوم .

هذه هى الصورة الشخصية التى رسمتها لتطور النجوم . وإنى على يقين أن بهذه الآراء بعض الشطط ، وأن توزيعى ألوان الصورة لم يحسن معالجته ، وأنى قد وضعت ألوان فى بعض المواضع أقل مما يجب كما أهملت مواضع أخرى . ولكننى بذلت بعض الجهد فى الإتجاه نحو إعطاء كل لون حقه على الأقل ، كما لم أدخر وسعا فى تجنب تأثير التعاليم غير الموضوعية التى تعتمد على النظريات التى تبحث فيما يجب أن تكون عليه الأشياء بدلا من الإعتماد على الأرصاد التى تبين الأشياء كما هى .

وهناك سؤال أخير وهو : وإلى أين يتجه الكون فى سيره ؟ وما هو المصير النهائى للعالم النجمى ؟ وأستطيع أن أتطلع بشىء من السرور إلى عالم مكون من سدم بيضية متماثلة لاهيكل لها ، أى جمهرة ثانية صرفة . ثم بعد ذلك بوقت طويل قد تأتى جمهرة من الأقزام البيض الصرفة ،تخلف النجوم الأقل ثقلا وتزينها نجوم فوق جديدة متفرقة حينما تأخذ النجوم الأثقل طريقها نحو الفناء . وهناك شىء واحد يبدو واضحا وهو أن مثل هذا الكون لايمكن أن تضاء شعلة شبابه . فالأقزام البيض فى زقاق مظلم ، ومادتها قد تلفت ، ولا يمكن حتى أن تتماسك . وإذا كان من الصعب تخيل حالة الكون فى بدايته فمن الصعب كذلك تخيل حالته فى النهاية مع بعض الإختلاف فى الحالتين . ولحسن الحظ أنه لايزال بيننا وبين النهاية وقت طويل يزيد عن الأفق الزمنى للماضى . وربما كنا على خطأ حينما تخيلنا أن ذلك أمر ممكن الوقوع ، فلا زال أمام العلم شوط طويل .

إنفض الكرى عن عينيك ياصاح . . . فالدنيا لم تزل غضة فتية ...

. . رغم وطأة الأحقاب المتطاولة المليئة بالمتاعب والهموم . . .

إن أروع المعارك لم يندلع لهيبها بعد . . .

. . . وإن أعذب الأغانى لاتزال تنتظر من ينشدها . .

قائمة بالمصطلحات العلمية وأسماء النجوم

المستعملة فى هـــذا الـكتاب

A

Absolute luminosity
اللمعان المطلق

Absolute magnitude
القدر المطلق

Aldebran نجم الدبران

Algol نجم الغول

Alnitam نجم سلسلة اللآلىء

Alpha Centauri
نجم ألف قنطورى

Alpha Draconis نجم ا . التنين

Andromeda , spiral galaxy in
مجرة المرأه المسلسلة اللولبية

companians of
توابع مجرة المرأه المسلسلة اللولبية

Antaras نجم قلب العقرب

Arcturus نجم السماك الرامح

Associations , stellar
التجمعات النجمية

Auriga كوكبه ممسك الأعنه

Aurora Borealis الشفق القطبى

B

Bankrupt stars النجوم المفلسة

Barred spirals لولبيات ذات العمد

Beta Centauri نجم الحضار

Betelgeuse نجم إبط الجوزاء

Big Dipper كوكبه الدب الأكبر

Brigt nebulae السدم اللامعة

C

Calcium , interstellar
كالسيوم الفراغ النجمى

spectroheliograms
صورة الشمس الطيفية فى ضوء الكلسيوم

Canis Majar
كوكب الكلب الأكبر

Canopus نجم سهيل

Capella نجم العيون

Carbon cycle دورة الكربون

Cassiopia كوكبه ذات الكرس

Castor نجم رأس التوأم المقدم

Cepheid variables
المتغيرات القيفاوية

Cromosphere
الطبقة الكرية الملونة أو
الكروموسفير

Cluster , galactic الحشد المجرى

Cluster, globular الحشد الكرى

Cluster of stars حشود النجوم

Coal Sack زكيبة الفحم

Collisions of galasies
تصادم المجرات

Coma cluster of galaxies
حشد الحجرات فى كوكبه الشعر البرنيقية

Corona الهاله الشمسية

Corona Austrina
كوكبه الاكليل الجنوبى

Corona Borealis cluster of galaxies
حشد المجرات فى كوكبه الإكليل الشمالى

Crab Nebula سديم أبو جلمبو

D

Dust, intersteller
تراب الفراغ النجمى

Dwarf stars النجوم الاقزام

E

Eclipsing binaries
المزدوجات الكسوفية

Elliptical galaxies
المجرات البيضية

Epsilon Aurigae نجم العنز

Epsilon Lyrae نجم السلياق الخامس

Eta Carinae نجم إيتاكارينا

Evolution of Galaxies
تطور المجرات

Excited atoms الذرة المثارة

Expanding universe
الكون المتمدد

F

Flare التأجج

Flocculi الزغب

Forbidden lines الخطوط الحرام

Fraunhofer lines
خطوط فرنهوفر

G

Gamma Virginis نجم العواء

Giant stars النجوم العمالقة

Grains, intersteller
حبوب الفراغ النجمى

Granulation , solar
التحبب الشمس

H

Hercules , globular cluster
حشد هرقل الكرى

Hyades حشد القلاص المجرى

I

Ionised atoms الذرات المتأنية

Irregular galaxy
الجرة غير المنتظمة

J

Jupiter المشترى

K

Kappa Crucis
نجم ك . الصليب الجنوبى

L

Long period variables
متغيرات طويلة الأمد

Lyra كوكبة السلياق

M

Magellanic Clouds سحب مجلان
Magnitude القدر
Magnetic storms الزوابع المغنيطية
Main sequence التابع الرئيسى
Mass luminosity relation
علاقة الكتلة اللمعان
Mercury الكوكب عطارد
Messier مسيه
Metastable state الحالة القلقة
Microwaves الأمواج اللاسلكية
Milky way طريق اللبان (التبان)
Mira Ceti نجم ميراسيتاى
Mizar نجم ميزار

N

Nebular lines الخطوط السديمية
N . G . C الكتالوج العام الجديد
Normal spirals اللولبيات القياسية
Novae النجوم الجديدة

O

Obscuration, interstellar
عتمه ما بين النجوم
Omega Centauri
نجم أوميجا قنطورى
$Omicron^2$ Canis Majoris
نجم العذارى
$Omicron^2$ Eridani نجم أدحى النعام
Ophiuchus كوكبه الحواء
Orion كوكبة الجبار
Overluminous stars
النجوم الوضاءة
Owl Nebula سديم أول

P

Parallax إختلاف الرؤية
Perseus , double Cluster
الحشد المزدوج فى كوكب فيرساوس
Pi^2 Orionis تاج الجوزاء
Planetary nebulae
السديم الكوكبي
Pliades الثريا

Pleion نجم العنقودى

Polaris النجم القطبي

Polarization , intersteller
إستقطاب ما بين النجوم

Population I الجمهرة الأولى

Population II الجمهرة الثانية

Prestellar material
المادة التى تكونت منها النجوم

Procyon نجم الشعرى الشامية

Prominence النتوء الشمسى

Proton - proton reaction
تفاعل البروتون البرتون

Proxima Centauri
نجم الأقرب القنطورى

R

Radioactivity النشاط الاشعاعى

Recession of galaxies
إدبار المجرات

Reddening , interstellar
إحمرار ما بين النجوم

Red dwarf stars الأقزام الحمراء

Red giants , nutrition of
غذاء العمالقة الحمراء

Reversing layer الطبقة العاكسة

Rigel نجم رجل الجبار

Ring Nebula in Lyra
السديم السلياقى الحلق

R R Lyrae variables
متغيرات ر . ر . السلياق

R V Tauri variables
متغيرات ر . ف الثور

R W Tauri نجم ر . و . الثور

S

Sagittarius كوكبة القوس

Scorpio كوكبة العقرب

S Doradus نجم س السماك الرامح

Sirius نجم الشعرى اليمانية

Southern Cross
كوكبة الصليب الجنوبى

Spectroheliograpm
صورة الشمس الطيفية

Spectroscopic binaries
المزدوجات الطيفية

Spicules الشويكات

Spiral arms الأذرع اللولبيه

Spiral galaxies المجرات اللولبية

Steller explosion
الإنفجار النجمى

Subdwarfs الأقزام الدنيا

Subgiants العمالقة الدنيا

Subsystems , galactic
الأقسام الثانوية للمجرة

Sunspots الكلف الشمسى

Supergiants النجوم العمالقة العليا

Supernovae النجوم فوق الجديدة

Symbiotic stars النجوم العجيبة

T

Taurus كوكبه الثور

Trapezium of Orion
نجوم رباعى الجبار

U

Underluminous stars
النجوم الخافتة

U Orionis نجم ى الجبار

Uranus الكوكب يورانوس

Ursa Major star cluster
حشد الدب الأكبر المجرى

U W Canis Majoris
نجم و . ى العظيم

V

Vega نجم النسر الواقع

V V Cephei
نجم قيفاوس المتغير الأربعون

W

W Crucis
نجم الصليب الجنوبى المتغير السادس

White dwarfs الأقزام البيضاء

Wolf-Rayet stars
نجوم وولف رايت

W Virginis stars
نجوم و . العذراء

W Ursae Majoris stars
نجوم و . الدب الأكبر

Z

Z Andromeda
نجم ز المرأه المسلسلة

Zeta Aurigae نجم الجديان

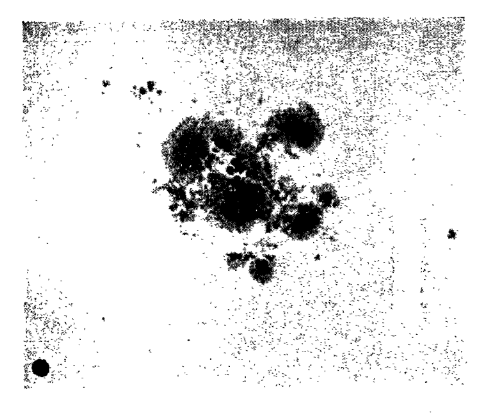
Zodiac منطقة البروج

ظهر من كتب العلوم فى مجموعة الألف كتاب

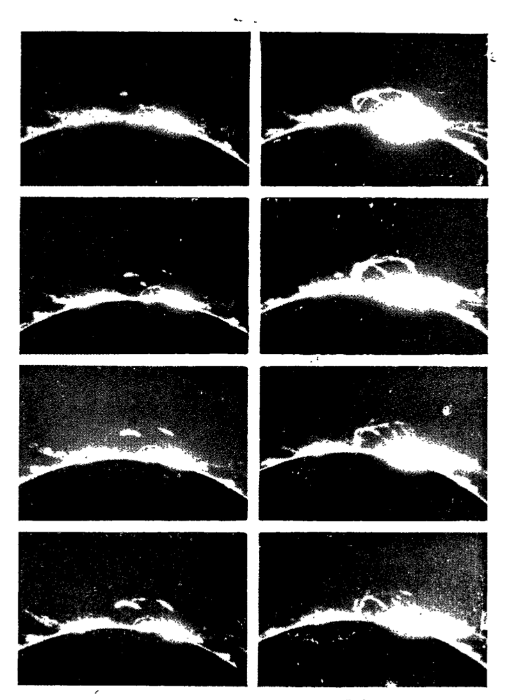
اسم الكتاب	المؤلف
(١) العلوم عند العرب	قدرى حافظ طوفان
(٢) الطاقة الذرية ماضيها حاضرها ومستقبلها	دكتور عبد الحميد أحمد أمين
(٣) الكيميا فى خدمة الطب	أحمد مختار الجمال
(٤) العلم والحياة الإنسانية	مصطفى كامل الجنيدى
(٥) العلم فى عالم متغير	ل. ج. ف برميل ترجمة حسن خطاب
(٦) قصة الكون من السديم إلى الإنسان	الدكتور محمد جمال الدين الفندى والدكتور محمد يوسف حسين
(٧) الرادار فى السلم	دكتور إسماعيل هزاع والدكتور رزق الله سدره
(٨) الطاقة الذرية واستعمالها فى السلم	جيرالدوندت د
(٩) العلم والحياة	عز الدين فراج
(١٠) الغذاء الكامل	عز الدين فراج
(١١) قصة الحديد	يوسف الحارونى
(١٢) الطاقة الذرية	دكتور محمد جمال الدين ودكتور اسماعيل هزاع
(١٣) الذرة فى خدمة السلام	المجمع المصرى للثقافة العلمية
(١٤) قصة الطقس	شو ترجمة دكتور عزيز ميلاد فريضة
(١٥) العلم يعيد بناء العالم	جيمس ستوكلى ترجمة الدكتور محمد الشحات
(١٦) طبيعات الجو وظواهره	دكتور محمد جمال الدين الفندى
(١٧) التلفزيون	فوزى كامل لطفى
(١٨) الإنسان والميكروب والمرض	جون درو ترجمة الدكتور محمد رشاد الطوبى
(١٩) الفيروس والإنسان	ف. م. برنت الدكتور سعد الدين عبد الغفار
(٢٠) استخدام الطاقة الذرية	أوتوهان
(٢١) عالج نفسك بالغذاء	الدكتور ابراهيم فهيم

اسم الكتاب	المؤلف
(٢٢) الكشف والفتح فى الميدان العلمى	دكتور مالكوم بير ترجمة دكتور أحمد حماد الحسينى
(٢٣) البحر المحيط بنا	راشيل كارسون ترجمة أحمد مختار الجمال
(٢٤) الوراثة والسلالة والمجتمع	ل . س . وت ، ت دوبز هانسكى ترجمة عز الدين فراج
(٢٥) إلى عالم آخر	ورنر بودلو ترجمة دكتور عبد الحميد أحمد أمين
(٢٦) الشمس	جامو ترجمة الدكتور أحمد حماد
(٢٧) استخدام الطاقة الذرية	الدكتور عفاف صبرى
(٢٨) الرياضة للمليون	لانسولت هوبجن ترجمة الدكاترة عطية عاشور وطلبة السيد وراجى حليم مقار
(٢٩) استخفاء الحيوان	ى . م . استيفنسون ترجمة الدكتور إبرهيم عبد المجيد
(٣٠) الجنس البشرى	دكتور أحمد محمود البطراوى
(٣١) التقاويم	محمد محمد فياض
(٣١) فسيولوجيا الإنسان	كنيث ولكر ترجمة الدكتور فتحى مصطفى الغزاوى


دار الطباعة الحديثة



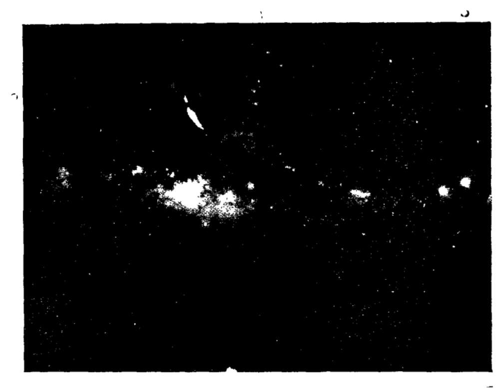
اللوحة رقم ١ - مجموعة من البقع الشمسية وتبدو مناطقها الوسطى أكثر دكنة من سائرها ، وأنها أبرد قليلا من المناطق المحيطة بها . ومع ذلك فهى شديدة اللمعان . لاحظ الحبيبات الدقيقة على جميع أجزاء سطح الشمس . القرص الداكن فى أسفل اللوحة على اليسار يمثل حجم الأرض (عن مرصد مونت ويلسن).



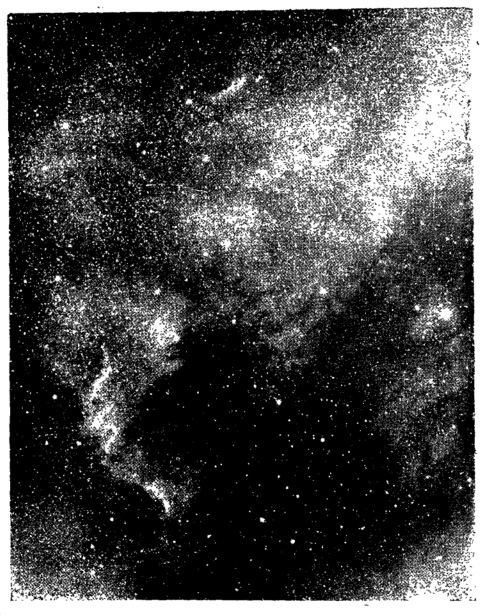
اللوحة رقم ٢ ـ خطوات ظهور نتوء عقدى . الصف الأيمن من الصورة يلي الصف الأيسر . وقد إستغرق حدوث هذه السلسلة من التغيرات مدة ساعتين (عن مرصد هاى التتيود ، جامعتا هارفارد وكالورادو) .



اللوحة رقم ٣ ـ : هالة الشمس . صورت أثناء الكسوف الكلى فى ٢٨ مايو سنة ١٩٠٠ .



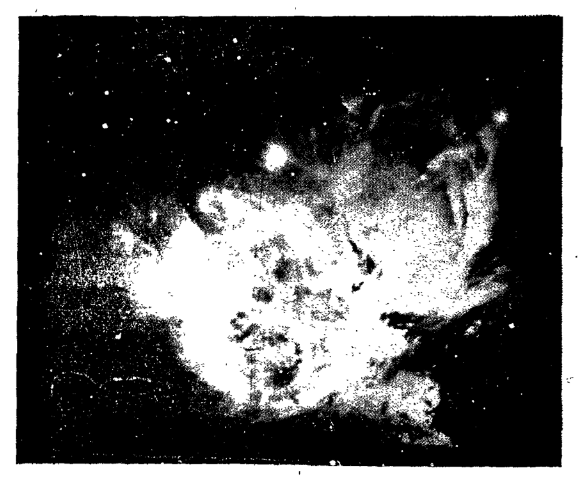
اللوحة رقم ٤ - منظر لمجرتنا تجاه مركزها نحو كوكبتي العقرب وحواء. يمكن تتبع كوكب العقرب بين النجوم. لاحظ السحب الجمية اللامعة وقد غشتها سحابات من المواد القاتمة. أما الحلقات التي تحيط بالنجوم فليست حقيقية بل بتأثير التصوير (عن محطة بويدن بمرصد هارفارد).



اللوحة رقم ٥ - سديم « أمريكا الشمالية » الذى يقع فى كوكبة الدجاجة وقد ضاءت بعض أجزائه بضوء النجم اللامع « الردف » (رصد بوك بتلسكوب جيوت بمرصد هارفارد) .



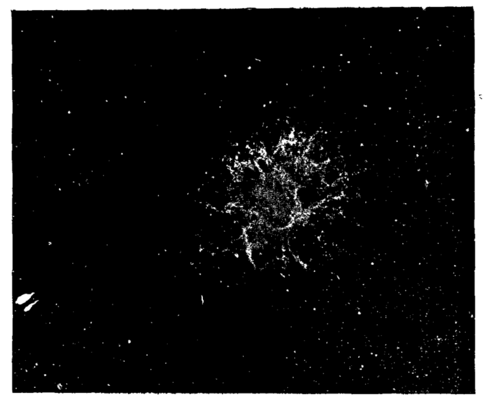
اللوحة رقم ٦ ـ « رأس الحصان » وهو سديم فى كوكبة الجبار والجزء اللامع بين السحابتين الدكنتين ربما كان سبب لمعانه الطاقة الناشئة من تلاطم السحابتين (عن مرصد مونت ولسن) .



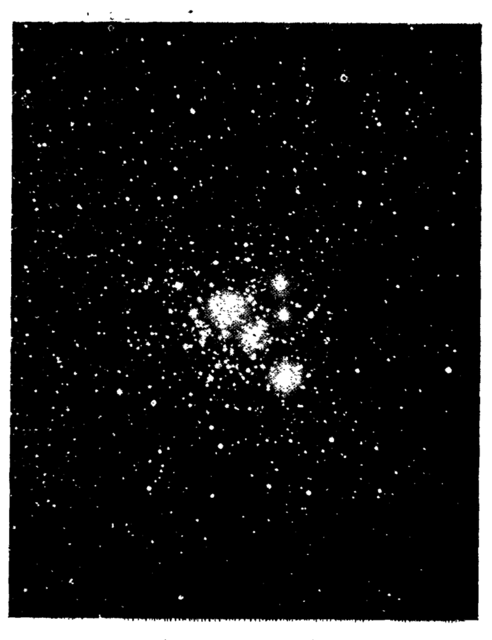
اللوحة رقم ٧ ـ السديم الاكبر فى كوكبة الجبار يحيط بالنجم الأوسط من سيف الجبار ، وقد نشأ لمعانه عن مجموعة النجوم الشديدة الحرارة بنجوم الرباعى (عن مرصد مونت ولسن)



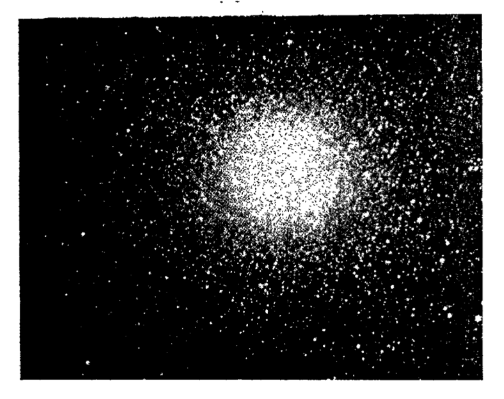
اللوحة رقم ٨ - سديم الحلقة فى كوكبه السلياق وهو غلاف غازى غاية فى الضخامة يحيط بنجم ذى درجة حرارة مرتفعة جدا (عن مرصد مونت ويلسن)



اللوحة رقم ٩ ـ سديم « أبو جلمبو » فى كوكبه الثور وقد تخلف عن إنفجار أحد النجوم فوق الجديدة . صور بعد ٩٠٠ سنة من حدوث الإنفجار وتبلغ سرعة الإنفجار حوالى ٦٠٠ ميل / ثانية . لاحظ الإضطراب العاتى الذى إنتاب الغازات المندلعة (عن مرصد بالومار) .



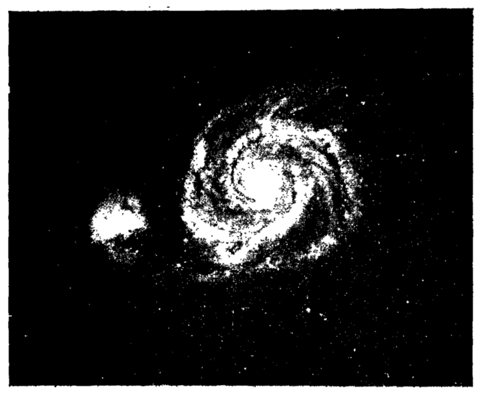
اللوحة رقم ١٠ - الحشد المجرى «صندوق الحلى» (من محطة بويدن بمرصد هارفاد) .



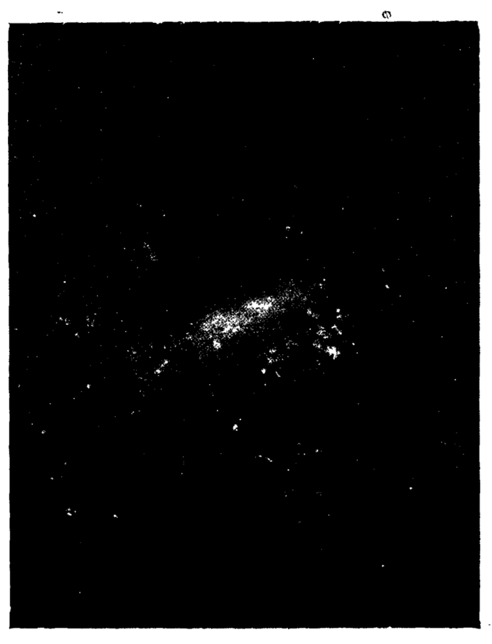
اللوحة رقم ١١ ـ الحشد الكرى « أوميجا قنطورى » فى صورة.
أخذت لمدة طويلة بلوحة حساسة للون الأحمر ـ (عن مرصد هارفارد)



اللوحة رقم ١٢ ـ المجرة اللولبية الكبيرة من كوكبة المرأة المسلسلة .
ويرى الرفيقان البيضيان ، أحدهما أسفل المجرة ، والآخر فوقها . (مرصد
بالومار)



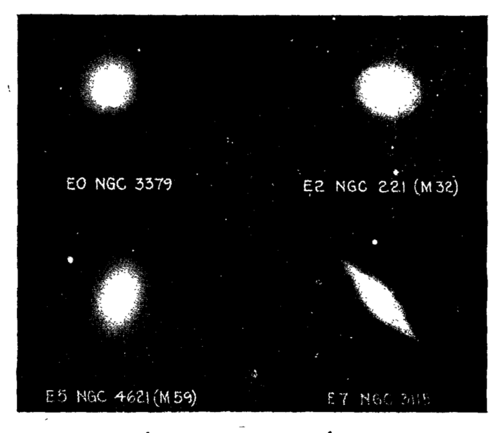
اللوحة رقم ١٣ ـ المجرة اللولبية مسييه ٥٩ ، وترى مواجهة لنا تقريبا (مرصد مونت ولسن) .



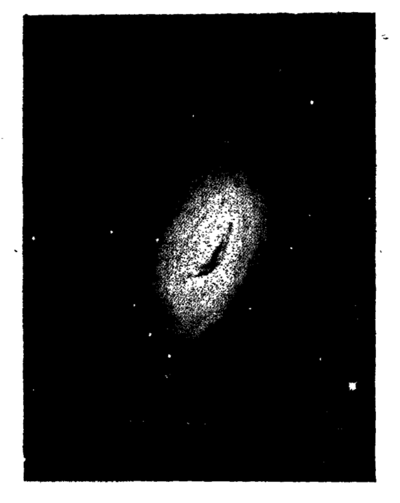
اللوحة رقم ١٤ ـ سحابة مجلان الكبرى (عن مرصد هارفارد).



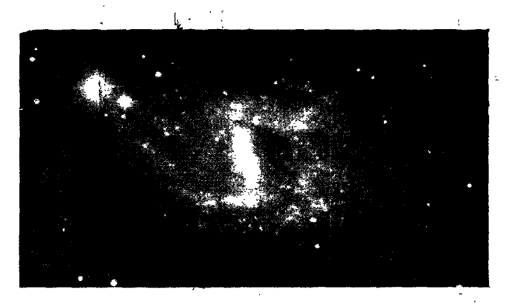
اللوحة رقم ١٥ - سحابة مجلان الصغرى ، مصورة بمقياس رسم أكبر من المقياس الذى صورت به اللوحة رقم ١٤ (مرصد هافارد) .



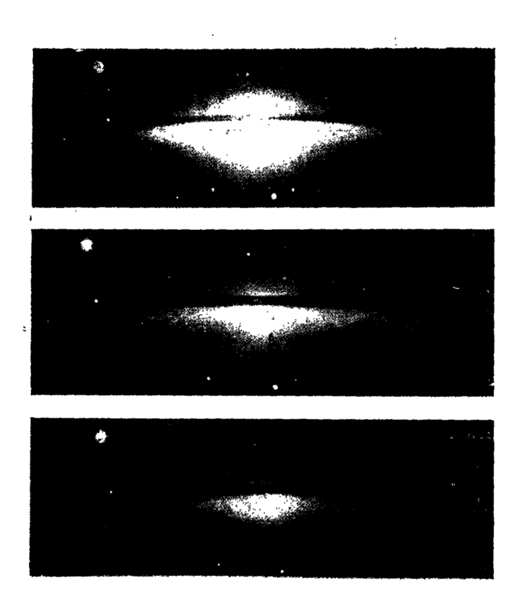
اللوحة رقم ١٦ - : أربع مجرات بيضيه . لاحظ أن المجرة رقم ٢٢١ N. G. C هي إحدى رفيقات مجرة المرأه المسلسلة. (مرصد مونت ولسن) .



اللوحة رقم ١٧ ـ المجره اللولبية مسيه ٦٤ (عن مرصد مونت ولسن).



اللوحة رقم ١٨ ـ المجرة اللولبية ذات القضبان رقم N.G.C٧ ٧٤١
لاحظ التشابه بين هذه المجرة وبين سحابة مجلان الكبرى (مرصد مونت ولسن).



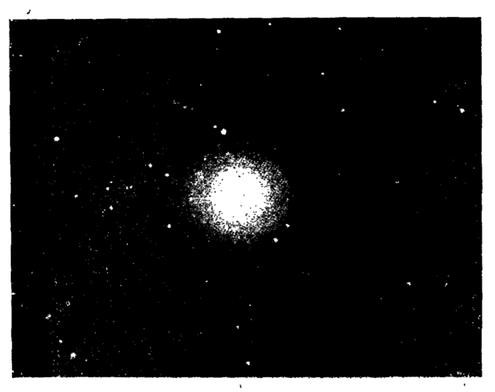
اللوحة رقم ١٩ ـ المجرة اللولبية رقم ٤٥٩٤ .N.G.C. الصورة العليا مصورة فى الضوء فوق البنفسجي والصورة الوسطى مصورة فى الضوء الأزرق والسفلى فى الضوء الأحمر . لاحظ أن إختلاف توزيع الألوان الثلاثة واضح بجلاء ويتضح منه أن ألمع النجوم الحمر (الجمهرة الثانية) تتخذ فى توزعها شكلا أقرب إلى الكرية من النجوم الأميل إلى الزرقة (رصد باده بمرصد مون ولسن) .



اللوحة رقم ٢٠ ـ المجرة الشاذة رقم ٤٠٣٨ N.C.G ومن الصعب ادراجها فى سلسلة أشكال المجرات (مرصد هارفارد) .



اللوحة رقم ٢١ - جزء من حشد المجرات العظيم المسمى « كوما » (عن مرصد بالومار).



اللوحة رقم ٢٢ ـ المجرة اللولبية N. G. C. ٧٢١٧ (عن مرصد
مونت ويلسن) .


Bibliotheca Alexandrina
0590357